

DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

REVUE MENSUELLE

JUIN 1959

Douzième année, N° 138

SOMMAIRE

	Pages
A. JARRIGE, Les utilisations des cendres volantes dans la construction.	521
Série : Liants hydrauliques (17)	
J. FRANÇOIS, Le pont rail-route d'Abidjan. Détails et procédés d'exécution.	545
Série : Travaux publics (57)	
L. HAHN, Torsion des profils cylindriques ouverts. Application aux sheds en béton armé.	575
Série : Théories et méthodes de calcul (35)	
Documentation technique réunie en février 1959.	599
Série : Documentation technique (138)	
E. STATHAKIS, La reconstruction de Théra.	619
Série : Technique générale de la construction (31)	
C. ROQUES, A. THIEBAULT, P. XERCAVINS, A. DUCLOT, M. BLANCHET, Le pont Jean de Lattre de Tassigny et son carrefour à trois niveaux rive droite.	633
Série : Travaux publics (58)	

En supplément

ENQUÊTE SUR L'HABITAT EN ALGÉRIE

IV. — **Les professions du bâtiment face aux perspectives quinquennales**, par R. BESSON.

Variétés, actualités, informations (9)

VISITE DE CHANTIER

502 logements économiques et familiaux à Evry-Petit-Bourg (S.-et-O.)

NOTES D'INFORMATION

N. I. 44. **Classification des pierres de taille d'après la mesure de la vitesse de propagation du son.**

N. I. 45. **Mortiers et bétons à l'acétate de polyvinyle.**

N. I. 46. **Attention au garde-corps.**

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES
ET DE DOCUMENTATION TECHNIQUE

6, RUE PAUL-VALÉRY, PARIS (XVI^e)

LABORATOIRES DU BATIMENT
ET DES TRAVAUX PUBLICS

12, RUE BRANCION, PARIS (XV^e)

BUREAU SECURITAS

4, 6, RUE DU COLONEL DRIANT, PARIS (I^{er})

CENTRE D'INFORMATION ET DE
DOCUMENTATION DU BATIMENT

100, RUE DU CHERCHE-MIDI, PARIS (VI^e)

Édité par **La Documentation Technique du Bâtiment et des Travaux Publics**

(Société à responsabilité limitée au capital de 3 000 000 F)

C. C. P. PARIS 8524-12

6, rue Paul-Valéry, PARIS-XVI^e

Tél. : KLÉber 48-20

Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions

Revue Internationale Bilingue
(Français-Anglais)

Comité de Rédaction : MM. ROS, LOBRY DE BRUYN, COLONNETTI, CAMPUS,
TORROJA, ROCHA, LYSE, DELARUE, RUSCH, WEGELIUS,
LEA, HAHAMOVIC, AMSTUTZ.

France et Union Française : membres : 4 600 F } C.C.P. Paris 3374-36
non membres : 5 750 F }

à verser : 1^o soit par chèque libellé en francs suisses et adressé au Secrétariat Général, 12, rue Brancion, Paris XV^e (France).

2° soit au compte ouvert au nom de la RILEM à l'Union des Banques Suisses, 45, Bahnhofstrasse, Zurich (Suisse)

Rédaction : 12, rue Brancion, Paris XV^e, France.

- Comptes rendus du colloque « Influence du temps sur la résistance à la déformation du béton », Munich 17-20 novembre 1958. — (à suivre). Rapports de MM. K.E.C. NIELSEN, R. L'HERMITE, R. DUTRON, A.D. ROSS.
- A. CHAGNEAU « Étude de la relaxation d'un fil d'acier à partir de la mesure de sa fréquence de vibration transversale ».
- M. F. KAPLAN « La vitesse d'impulsion ultrasonique, le module d'élasticité dynamique, le coefficient de Poisson et la résistance du béton préparé avec treize différents agrégats à gros grains ».
- Enquête : Produits d'addition au béton.
- Informations générales, Nouvelles des Laboratoires, Bibliographie, etc...

JUIN 1959

Douzième Année, N° 138

Série : LIANTS HYDRAULIQUES (17)

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SÉANCE DU 3 mars 1959

sous la présidence de **M. M. MARY**,
Contrôleur Général de l'Équipement à l'Électricité de France



(L. P. V. A. Photo Durандаud.)

LES UTILISATIONS DES CENDRES VOLANTES DANS LA CONSTRUCTION

par **M. A. JARRIGE**,

Ingénieur en chef aux Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais

AVANT-PROPOS DU PRÉSIDENT

M. Jarrige, Ingénieur en Chef aux Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais, s'est donné pour tâche, depuis plusieurs années, au milieu de bien d'autres occupations, de trouver des solutions à un problème particulièrement préoccupant, celui de l'utilisation des cendres volantes des centrales thermiques.

La production actuelle des cendres s'élève à plus de trois millions de tonnes par an et ce chiffre ne va pas cesser de s'accroître dans les prochaines années.

Leur mise au remblai est coûteuse; les emplacements se font de plus en plus rares. Le problème devient de plus en plus difficile à résoudre pour les Charbonnages de France et pour Électricité de France. Car, contrairement à une idée trop répandue, les fumées des centrales thermiques ne sont pas abandonnées dans l'atmosphère. La presque totalité est recueillie soigneusement, généralement à l'aide de dépoussiéreurs électrostatiques.

De plus, ce sont des produits de valeur. M. Jarrige vous indiquera les caractéristiques physiques et chimiques de ces cendres et il passera en revue rapidement les nombreuses utilisations qu'on peut en faire, soit dans l'industrie des matériaux de construction, soit dans la technique routière, soit dans l'industrie du ciment. Il est nécessaire que les spécialistes des diverses techniques soient bien informés des particularités de ces produits, qui sont susceptibles dans bien des applications, d'apporter des solutions économiques à leurs problèmes. La variété des applications est nécessaire pour assurer un débouché important, car on ne peut pas espérer qu'une seule industrie sera en mesure d'absorber la totalité de ces résidus, M. Jarrige a collaboré avec M. Peltier pour l'organisation d'un colloque qui s'est tenu récemment et qui avait pour objet, les techniques routières. Il continue aujourd'hui son rôle d'informateur et j'espère que chacun de nous trouvera dans son exposé des sujets de réflexion efficace.

C'est un devoir national d'éviter la mise au remblai de produits de qualité; surtout lorsque les utilisateurs sont susceptibles de trouver des économies dans l'emploi de ces produits.

RÉSUMÉ

Les propriétés des cendres volantes trouvent de larges possibilités d'exploitation dans la construction; elles sont caractérisées par une action physique immédiate et une action chimique relativement lente dans les conditions habituelles d'emploi.

Les utilisations routières et le remplacement du sable dans les bétons manufacturés, très développés en Amérique et en Angleterre, offrent chez nous des perspectives favorables; mais l'application la plus importante en France et qui est actuellement une spécialité de notre pays, est l'addition des cendres aux ciments, effectuée par les cimentiers; enfin nous suivons avec attention les travaux en cours à l'étranger, pour la mise au point d'un procédé économique de frittage des cendres volantes sous forme d'agréats légers.

Dans la majorité des cas, les cendres présentent le caractère d'un matériau de complément (ou de correction); leur incorporation dans les ouvrages apporte souvent une solution à des problèmes délicats.

SUMMARY

The properties of fly ash offer considerable possibilities for use in construction. They are characterized by their direct physical action and their relatively slow chemical reaction when utilized in the usual manner.

In America and in Great Britain, the utilization of fly ash in road construction and as a substitute for sand in precast concrete has known a great development. There are favourable possibilities for the same uses in this country, but the most important application of fly ash in France, and one which is a specialty of this country at the present time, is the admixture of fly ash to cement, executed by cement manufacturers. Efforts abroad to develop an economical process for sintering fly ash to permit its use as light aggregate are also being followed with considerable interest.

In most cases, fly ash has to be considered as an admixture or a corrective material. Its use in structures frequently provides a solution to delicate construction problems.

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

EXPOSÉ DE M. JARRIGE

Je voudrais d'abord remercier l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics de m'avoir donné l'occasion de développer un sujet qui me tient à cœur et dont je m'occupe depuis près de dix ans. Je suis très heureux de voir qu'un grand nombre de personnes prennent de l'intérêt à cette question.

INTRODUCTION

Les entreprises françaises du Bâtiment et des Travaux Publics mettent en œuvre chaque année près d'une centaine de millions de tonnes de matériaux de construction, qui comprennent : des agrégats — sous la forme : graviers, sables ou fillers — des briques ou blocs de construction et des liants hydrauliques ou hydro-carbonés. Les cendres volantes, dont la production s'élève à 3 millions de tonnes par an, peuvent remplacer une partie de ces matériaux ou servir à leur fabrication. Dans un grand nombre de cas, leur emploi a été reconnu techniquement satisfaisant et économiquement intéressant.

Les principaux domaines dans lesquels les utilisations des cendres ont donné de bons résultats techniques sont : les travaux de route, la fabrication du béton manufacturé, l'addition au ciment portland. Les motifs qui qualifient les cendres pour ces emplois sont : leur prix peu élevé, leur finesse et leur légèreté, et leurs propriétés pouzzolaniques. La grande finesse des cendres volantes à l'état brut permet, en comblant les intervalles existant entre les grains de sable, d'augmenter la compacité des bétons et d'améliorer les surfaces des éléments moulés. Le pouvoir pouzzolanique des cendres s'apparente aux qualités des sables de Pouzzoles qui, par leur combinaison avec la chaux des mortiers, ont assuré la bonne conservation des monuments romains.

L'addition aux ciments absorbe pour le moment la plus grande partie des cendres consommées en France : 290 000 t environ sur un total de 420 000 t en 1958 ; comparée à 120 000 t en 1956, et 250 000 t en 1957, cette consommation représente une progression rapide. Mais les tonnages utilisés industriellement devraient atteindre des chiffres beaucoup plus importants que ceux d'aujourd'hui, quand toutes les possibilités qu'offre ce matériau nouveau seront mieux connues.

En même temps que de donner des précisions sur ce qu'on peut attendre et sur ce qu'on obtient des cendres volantes dans leurs principales catégories d'utilisations, le but de cet exposé est de dissiper toute espèce de malentendu, en particulier :

— au sujet de défauts qu'on leur a prêtés et dont elles sont exemptes, comme : irrégularité, inertie, nocivité pour les bronches ;

— et au sujet de qualités qui leur sont quelquefois attribuées sans qu'elles les possèdent : activité chimique rapide, possibilité de substitution aux matériaux traditionnels sans aucune préparation (1).

Au point de vue économique, on peut seulement dire que les cendres volantes ont une valeur d'usage, qui est en général très supérieure à leur prix de cession ; mais celui-ci est peu de chose à côté des frais de transport ; d'où l'existence de zones géographiques privilégiées au voisinage des centrales électriques marchant au charbon pulvérisé.

GÉNÉRALITÉS

Avant d'entrer dans des détails sur les utilisations, quelques indications générales, un bref rappel des conditions de production et des caractéristiques des cendres, sont utiles.

Conditions de production des cendres volantes et de mise à disposition des utilisateurs.

Les cendres volantes proviennent de l'épuration des fumées des foyers au charbon pulvérisé. Les foyers produisant des cendres volantes représentent la technique la plus développée à l'heure actuelle dans le monde entier. Un certain nombre de centrales électriques allemandes marchent en cendres fondues (qui sont obtenues à l'état humide et légèrement grenues) ; mais cette formule est aujourd'hui en régression ; une seule centrale française l'applique : celle de Chalon.

Les cendres volantes impalpables contenues dans les gaz brûlés, sont recueillies, dans la majorité des cas, par voie sèche (au moyen de dépoussiéreurs électro-statiques) et humidifiées ensuite pour faciliter la manutention et le transport à la décharge ; quelques installations de dépoussiérage hydraulique existent néanmoins (Gennevilliers, Carling, etc.).

La production de cendres d'une centrale est fonction de la puissance installée, de la teneur en stériles des charbons brûlés et de la cadence de marche. Par kilowatt-heure fabriqué, suivant que l'on parte de charbon très pur, ou de bas-produits, on obtient de 25 à 300 g de cendres volantes. Une centrale donne par jour de marche de 30 à 1 000 t de cendres volantes (les chiffres maximum de 2 à 300 g/kWh et de 1 000 t/jour correspondent à des centrales du Nord-Pas-de-Calais).

Les centrales thermiques ne sont pas réparties de façon uniforme dans toute la France ; le Nord, l'Est et la région Parisienne sont privilégiés ; dans le Nord et dans l'Est, on est sûr de disposer de quantités pratiquement illimitées de cendres à toute époque de l'année ; par contre, dans le Centre-Midi, les tonnages produits varient suivant les saisons.

Les cendres sont mises à la disposition des clients à mesure de leur production, sous forme « sèche » ou « humide » (2) et sont enlevées en containers, en camions bennes ou en wagons. Il est aussi possible de mettre en tas les cendres humides, sans mélange avec d'autres matières, de manière à ce qu'on puisse les recharger facilement par la suite.

Il faut noter que les centrales existantes n'avaient pas été conçues en vue de vendre des cendres ; certaines ont dû exécuter des aménagements importants pour pouvoir y arriver.

Les compositions des cendres dépendent évidemment de l'origine des charbons, mais en fait, il n'existe, entre les cendres volantes produites à divers moments dans des centrales alimentées par un même Bassin houiller, que des différences peu importantes, ce qui permet, dans beaucoup de cas, de les employer les unes à la place des autres.

(1) Il faut que les utilisateurs acceptent de surmonter les quelques difficultés qui sont inséparables de l'introduction d'une nouveauté dans le cycle de leurs habitudes régulières.

(2) Densités moyennes de chargement : 0,85 pour les cendres sèches, 1,15 pour les cendres humides.

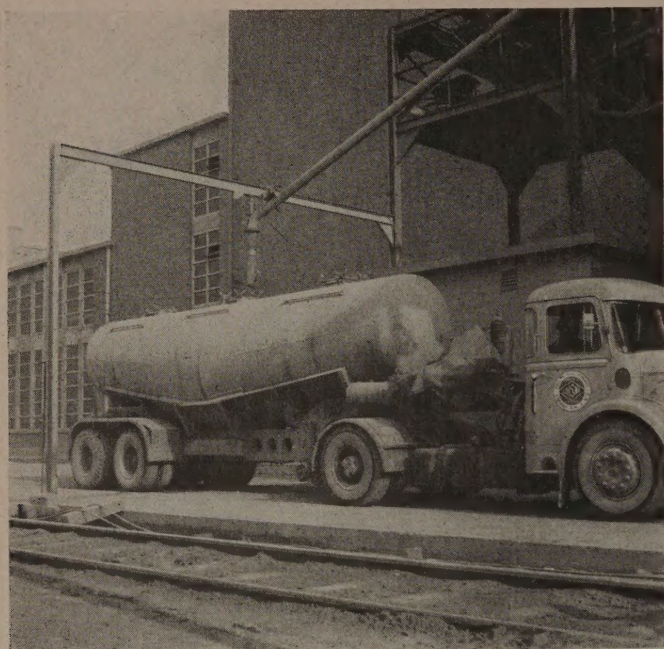


FIG. 1. — Transport des cendres volantes par containers.

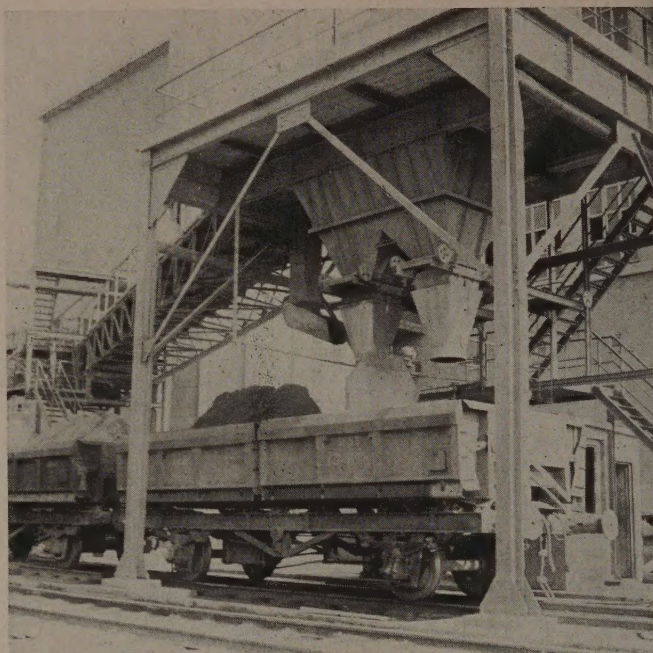


FIG. 2. — Transport des cendres volantes par wagons.

Il y a néanmoins deux points à signaler :

1. Il faut faire une distinction entre les cendres de houille, siliceuses, et les cendres de certains lignites, calcaires⁽¹⁾ ;

2. Dans toutes les cendres volantes, on rencontre des imbrûlés, en plus ou moins grande quantité, suivant la teneur en matières volatiles et en stériles⁽²⁾ des charbons consommés et suivant l'équipement des chaudières.

On peut classer les centrales, à ce point de vue, en trois catégories :

— la catégorie A qui donne des cendres pouvant contenir de 0 à 5 % d'imbrûlés ;

— la catégorie B qui donne des cendres pouvant contenir de 5 à 10 % d'imbrûlés ;

— la catégorie C qui donne des cendres pouvant contenir de 8 à 15 % d'imbrûlés.

La couleur des cendres, gris clair quand elles sont pures, devient plus foncée quand la teneur en imbrûlés augmente.

L'expérience de ces dernières années a montré que toute préoccupation d'irrégularité gênante de la qualité des cendres, pouvait être écartée. Dans la majorité des cas, la fourniture d'une centrale peut être considérée comme de qualité vraiment stable ; même pour l'addition aux ciments, les écarts observés n'ont pas soulevé de difficultés. Lorsque se produisent malgré tout des variations — à l'occasion de changement de sources d'approvisionnement ou de démarrage de chaudières — l'exploitant de la centrale, qui suit ces modifications, peut en avertir le client.

Pour chaque centrale, ont été établies des fiches signalétiques. Dans chaque région, une personne est désignée



FIG. 3. — Transport des cendres volantes par camions-bennes.

pour recevoir les demandes d'informations et orienter les utilisateurs ; cette organisation élémentaire, qui est à ses débuts, pourra recevoir des améliorations si le besoin s'en fait sentir.

(¹) Il faut d'ailleurs faire une réserve sur cette appellation et ne pas vouloir la généraliser trop vite ; le combustible des Bouches-du-Rhône serait plutôt du charbon brun (Braun-Kohl) : les lignites allemands sont analogues au combustible d'Hostens dans les Landes, dont les cendres sont siliceuses.

(²) Avec des mixtes à 42 % de stériles, pour 2 à 3 g de perte de charbon par kWh, on a 1 % d'imbrûlés dans les suies ; avec des charbons à 6 % de cendres 2 à 3 g de perte de charbon par kWh produit, donnent 8 à 12 % d'imbrûlés.

Caractéristiques physiques et chimiques des cendres.

Les cendres, qui ont été produites aux environs de 1 500°, sont constituées en grande partie d'une matière minérale vitreuse⁽¹⁾, amorphe.

Les grains comprennent des billes pleines, des bulles creuses et des micromâchefers. Ils ont une dimension moyenne de 40 microns environ. Leur finesse à l'état brut⁽²⁾ est de l'ordre de grandeur de celle des ciments. Assez friables, ils peuvent être broyés facilement à de plus grandes finesses.

Le poids spécifique de la matière est d'environ 2,65, mais on n'obtient ce chiffre qu'avec des produits broyés très fins; avec des cendres brutes ou broyées à des finesses intermédiaires, qui contiennent des bulles d'air, on mesure des poids spécifiques apparents de 1,85 à 2,4.

Du fait de leur grande surface et de leur légèreté, un courant d'air vif entraîne facilement les cendres volantes sèches, ce qui est l'origine de leur nom; leur transport par air comprimé (pompe Fuller, air pulsé) demande des dispositifs de désaération au point d'arrivée; néanmoins, en atmosphère calme, leur transport (par bande, redler, micro-vibration ou aéro-glissière) s'effectue sans création de nuages de poussière.

Les cendres sont aptes à adsorber des liquides (eau, huile, pétrole) et peuvent être agglomérées, sous pression ou par force centrifuge, grâce à l'adhérence des particules les unes aux autres, directement, ou avec l'intermédiaire d'un film liquide. Par exemple, la compacité maximum est obtenue pour 20 à 28 % d'eau. À partir de 40 ou 50 % d'eau, les petites billes et les éléments très fins qu'elles contiennent permettent aux cendres — bien que n'ayant aucune propriété colloïdale — de jouer un rôle de lubrifiant, d'améliorer la fluidité, la maniabilité des mélanges dans lesquels elles sont incluses; quelquefois aussi cela offre l'inconvénient de donner une sorte de boue⁽³⁾.

On retrouve la même observation pour le mélange à sec des cendres avec des matériaux de granulométrie différente⁽⁴⁾. Le problème se complique un peu quand interviennent à la fois un deuxième matériau et un liquide.

Fusibilité.

Chauffées en présence d'air aux environs de 680°, le carbone contenu brûle; à 750°, le fer des cendres s'oxyde et elles prennent une couleur saumon-clair.

La température de fusion dépend de la composition chimique des cendres et varie, suivant les échantillons, de 1 150⁽⁵⁾ à 1 450°; elle est précédée par un palier de ramollissement assez long. L'addition de certains corps (fer, chaux, alcalins, chlorures) agit sur la température de fusion.

Composition chimique.

Les cendres volantes de houille contiennent une forte proportion de silice (50 %) et d'alumine (30 %), un peu de fer (7 %), très peu de chaux (2,5 %) et quelques alcalis (5 %).

Les cendres peuvent être utilisées comme sources de composés chimiques :

— pour la fabrication de la pâte à ciment;

— quelques-unes pour en extraire certains métaux rares, le germanium par exemple;

— quelques essais ont même été faits pour en tirer industriellement du fer et de l'aluminium.

Le cas des cendres calcaires des Bouches-du-Rhône étant disjoint et mise à part la question des imbrûlés, les écarts de composition relevés sur des cendres françaises n'ont pas, jusqu'à présent, fait apparaître de différences constituant des motifs déterminants pour leur donner un classement particulier. D'après ce que l'on connaît, seule, la fusibilité est influencée; mais il est possible que la conductibilité électrique, le magnétisme, etc... soient également liés à la composition.

Activité chimique.

Les éléments solubles contenus dans les cendres sont en quantité extrêmement faible; mises en suspension dans l'eau, les cendres donnent une réaction légèrement alcaline. Pour beaucoup d'usages courants, on les considère comme pratiquement inertes; cependant, elles possèdent une propriété chimique caractéristique, qui est leur *pouvoir pouzzolanique*⁽⁶⁾. Nous y reviendrons plus en détail par la suite. Pour le moment, disons simplement que celui-ci correspond à la fixation de chaux à la température ordinaire, mais avec une très grande lenteur; cette propriété est influencée par la finesse des cendres et de la chaux, la température, la présence de produits minéraux solubles. Elle se manifeste un peu plus rapidement, mais de façon encore très lente, avec la chaux « naissante » provenant de l'hydratation du ciment. Dans quelques cas, il semble que la pellicule extérieure des grains soit absolument inerte; mais cette inertie disparaît après un léger broyage.

En vue de mettre en évidence l'activité pouzzolanique des cendres et de se rendre compte de leur comportement en addition aux ciments, d'assez nombreux essais chimiques ont été faits ces temps derniers sur les cendres volantes. Il en sera question lorsque nous parlerons des ciments aux cendres.

Innocuité des cendres pour les voies respiratoires.

La facilité de mise en suspension dans l'air et la gêne provoquée par la respiration de cet air, avaient fait naître des inquiétudes sur le danger que pourraient présenter ces matières minérales pour les bronches. Il fallait absolument tirer cette question au clair, parce que l'on envisageait d'utiliser des cendres dans les travaux souterrains en vue de prévenir les coups de poussières, pour le chargement des arrêts barrages et pour la schistification des galeries. Des essais de longue durée, effectués par des laboratoires spécialisés allemands et français, ont montré que les cendres ne pouvaient faire courir aucun risque de silicose aux gens qui les respireraient. La manipulation des cendres ne présente donc pas de danger pour la santé. Il est préférable de prendre des précautions pour éviter de les mettre en suspension dans l'air, parce que c'est sale et désagréable; mais s'il arrive un accident qui provoque la naissance d'un nuage de poussière, il n'y a pas lieu de s'inquiéter.

(1) Avec une petite proportion de mullite (silicate d'alumine non hydraté, cristallisé) reconnaissable par diffraction aux rayons X, de l'ordre de 2 %.

(2) Les dimensions des grains s'échelonnent de 3 à 100/microns; le refus au tamis 200 varie entre 10 et 20 %; le perméabilimètre-Blaine donne de 2 600 à 3 800 cm²/g.

(3) On peut dire que dans les mélanges de cendres avec un liquide, on rencontre trois stades, suivant les dosages : — au début, milieu hétérogène avec grumeaux, — puis, masse homogène et compacte, — ensuite, boue.

(4) Il semble qu'il existe des seuils inférieur et supérieur, qui correspondent à une bonne stabilisation mécanique du mélange et qu'une proportion bien définie doit être respectée pour obtenir la compacité maximum.

(5) Pour les cendres étrangères; la plupart des cendres du Bassin du Nord-Pas-de-Calais fondent aux environs de 1 400°.

(6) Les cendres des Bouches-du-Rhône, qui contiennent 45 % de chaux, ont des propriétés hydrauliques; une partie de leur chaux se trouve à l'état libre mais est difficile à éteindre à cause de la température élevée (1 500°) qu'elle a subie.

REMPLACEMENT DES AGRÉGATS

Nous allons examiner pour commencer quelques utilisations des cendres volantes qui font appel à leurs propriétés physiques.

a) Les cendres sont tout indiquées pour être employées comme *matériau de remplissage*. On peut les utiliser dans l'exécution de remblais, le comblement de vides, par exemple de vieux puits ou de carrières abandonnées, le rehaussement de terrains. En Hollande, dans les régions de polders, on a construit avec des cendres volantes des plates-formes surélevées pour y placer des bâtiments.

On les emploie pour l'établissement de lits coupe-feu dans les talus de chemin de fer; comme matériau d'embouage pour la lutte contre les feux de mines. La présence d'imbrûlés ne constitue pas une objection, car la cendre, en réalisant l'étanchéité des matériaux environnants, empêche l'arrivée de l'air comburant.

On peut s'en servir pour le colmatage de toutes sortes de fissures, en injection, le cas échéant, mélangées avec du ciment, afin d'arrêter des venues d'eau.

b) Les utilisations que nous venons de citer rapidement correspondent à la solution de problèmes isolés, à des opérations discontinues. L'emploi des cendres comme *agrégat fin* dans la fabrication des blocs de construction et dans la confection des mortiers et des bétons représente au contraire une consommation régulière.

En Angleterre, on emploie de grandes quantités de cendres dans la fabrication de blocs de construction.

Quelques entrepreneurs français en utilisent aussi, notamment pour des boisseaux de cheminées et des éléments préfabriqués. Dans l'esprit des utilisateurs, les cendres volantes jouent alors un rôle *purement mécanique ou physique*.

Pour cet usage, les cendres sont transportées légèrement humides et peuvent être stockées en tas comme du sable.

Les objectifs visés sont, suivant les cas, *l'économie, l'augmentation de la compacité et de l'étanchéité, l'amélioration de la présentation des produits*, accessoirement un certain allègement, l'amélioration de la conservation du béton.

En employant des cendres volantes dans les bétons, on peut d'abord se proposer de remplacer un sable cher par un matériau plus économique. Depuis plusieurs années, les Houillères remplacent une partie du sable par des cendres dans leurs travaux de maçonnerie et leurs fabrications d'agglomérés pour le fond.

Mais l'emploi des cendres volantes peut aussi être guidé par des préoccupations techniques.

De façon générale, les sables dont on dispose pour la confection des mortiers et bétons sont trop creux, ils manquent d'éléments fins; les cendres, qui sont au contraire très fines, apportent au sable un complément de granulométrie, remplissent les vides entre les grains et améliorent ainsi la compacité du béton; parce que les cendres sont constituées en grande partie de petites billes, la workabilité des mortiers est meilleure, les creux et les angles des moules sont mieux remplis, les arêtes plus nettes, les surfaces des éléments moulés sont plus lisses. Les photographies ci-contre (fig. 4 et 5) représentent des planchers préfabriqués en béton. Le premier a été exécuté avec un béton ordinaire; dans le deuxième, on a remplacé une partie du sable par des cendres. On voit très bien la différence de netteté des arêtes des nervures. Naturellement tout ceci est obtenu sans diminution et parfois même avec amélioration de la résistance mécanique.

Il n'existe pas de recette générale. Pour avoir des indications sur les dosages à employer, il faut procéder par tâtonnements.

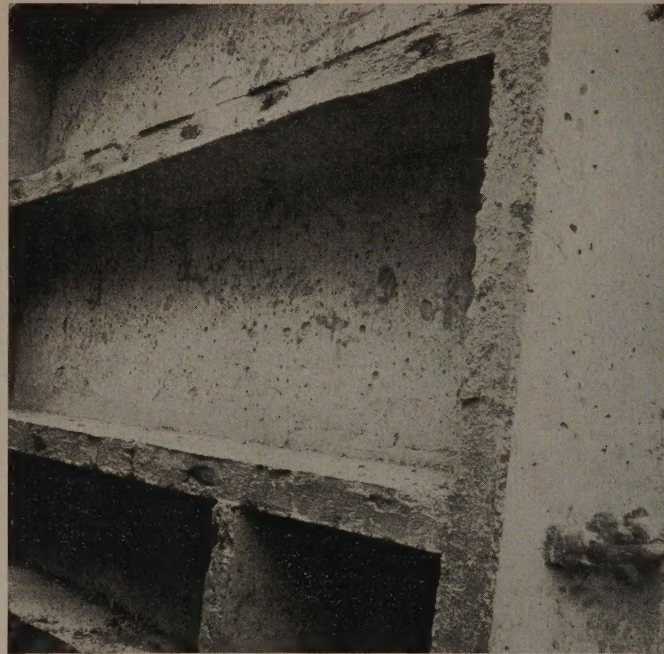


FIG. 4. — Blocs de béton sans cendres.

En partant d'une fabrication qui employait uniquement des agrégats traditionnels, il y a lieu de faire des essais méthodiques pour déterminer la proportion optimum de cendres; par exemple : on confectionnera des éprouvettes avec des dosages variés et on mesurera leur résistance à l'écrasement, leur densité, leur porosité.

On a observé de bons résultats de résistance mécanique



FIG. 5. — Blocs de béton avec cendres.

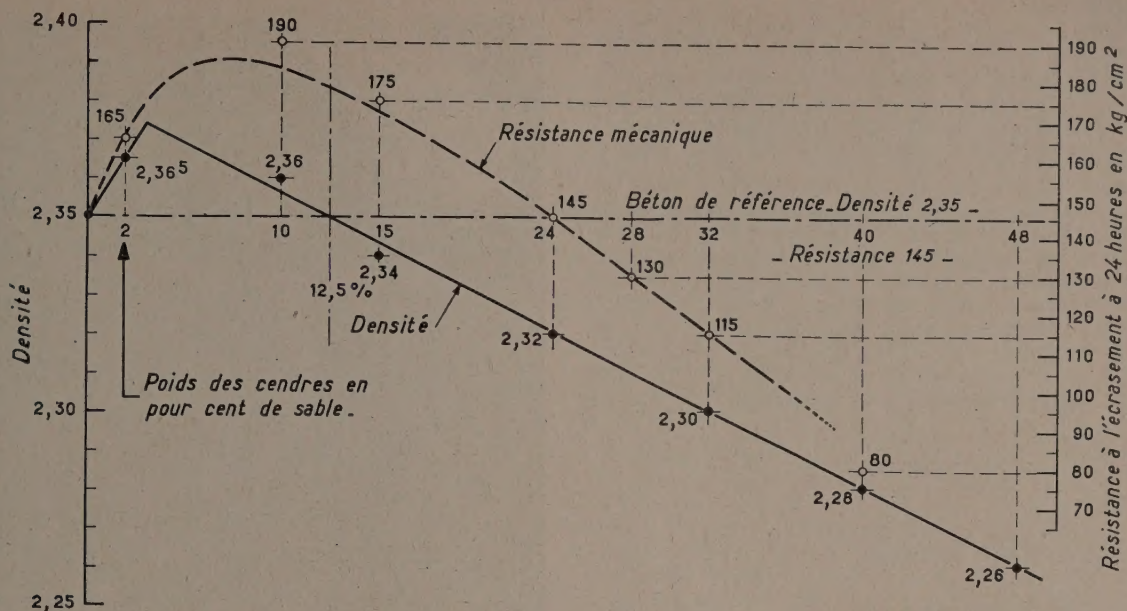


FIG. 6. — Variation de la densité du béton et de sa résistance mécanique en fonction de la quantité de cendres ajoutée.

dans un béton contenant normalement 700 l de gravier et 500 l de sable (725 kg) et 320 kg de ciment (fig. 6) ⁽¹⁾.

Le remplissage des vides existant entre les grains de sable absorbe d'abord des cendres sans réduction du sable, donc avec augmentation de poids. A partir d'un certain dosage, (3 à 7%) tous les vides étant remplis, si l'on ajoute encore des cendres, on doit retirer du sable et, comme les cendres sont plus légères que le sable, le poids spécifique des éléments diminue; il arrive un moment où, par l'action du remplissage des vides et du remplacement du sable, on observe une substitution poids pour poids sans variation de volume; cela se produit dans le cas qui nous intéresse avec 12,5 % de cendres. Si on continue alors à ajouter des cendres, on a une diminution de la densité du béton, donc un allègement des blocs. Dans le cas cité ci-dessus, avec 24 % de cendres, on avait un allègement d'une trentaine de kilos par mètre cube (175 kg de cendres tenant la place de 205 kg de sable).

La résistance maximum était obtenue pour 8 à 10% de cendres et dépassait de 30% celle du béton sans cendres; avec 24% de cendres on avait la résistance du béton initial.

Il est nécessaire de procéder à un malaxage soigné pour assurer la répartition uniforme des cendres et éviter les grumeaux (mélanger des agrégats qui soient dans le même état d'humidité, faire tourner la bétonnière 3 mn au minimum).

L'attention doit être attirée sur la couleur qui varie et devient gris bleuté. Certains préfèrent d'ailleurs cet aspect à la teinte blanchâtre du béton ordinaire.

Les mises au point qui précèdent ont été faites dans le courant de l'année 1958 à l'usine Camus de Fort-de-Scarpe; et

pendant les derniers mois, plusieurs milliers de tonnes de cendres ont été utilisées pour la confection de panneaux préfabriqués, avec de très bons résultats techniques et financiers.

Bien des fabricants de produits en béton auraient intérêt à faire eux-mêmes des essais d'utilisation des cendres.

Je sais bien que certains ne se préoccupent pas beaucoup des agrégats qu'ils emploient et ne disposent pas de laboratoires organisés. Ils peuvent toujours essayer de remplacer 1/3 du sable par des cendres; cela améliorera la maniabilité du béton.

Cette proportion a été adoptée après quelques tâtonnements, sans grande rigueur scientifique, étant données les qualités variables des agrégats employés, par les Houillères du Nord-Pas-de-Calais pour les mortiers de leurs travaux de maçonnerie. Un peu réticents au début, maçons et entrepreneurs ont très rapidement reconnu l'intérêt de l'incorporation des cendres volantes. A teneur en eau égale, on obtient un gain très net d'ouvrabilité du mortier. La même formule devrait pouvoir être appliquée avec avantage à tous les travaux publics et privés exécutés dans le voisinage des centrales thermiques.

Nous avons vu que l'amélioration de la compacité due au remplissage des vides augmente, dans une certaine mesure, la résistance mécanique, mais il faut être prudent avant de diminuer le dosage en ciment. L'effet pouzzolanique, qui se manifeste avec retard, n'est normalement pas pris en considération ⁽²⁾ pour la fabrication courante d'éléments qui deman-

⁽¹⁾ Sur le graphique on a porté en abscisses les poids de cendres utilisées, exprimés en % du poids habituel total du sable; en ordonnées figurent :

a) la densité du béton contenant des additions de cendres; l'horizontale correspond à la densité du béton de référence 2,35 — la courbe représentant les variations de la densité est tracée en trait plein;

b) la résistance mécanique à vingt quatre heures des mêmes bétons — l'horizontale représente la résistance du béton de référence 145 kg/cm² — la courbe des résistances est tracée en traits interrompus.

La forme des courbes peut évidemment varier avec les conditions de l'expérience (caractéristiques des matériaux, dosages, durée au bout de laquelle on mesure les résistances).

⁽²⁾ On peut en tenir compte quand les produits sont étuvés.

dent à être démoulés rapidement. Néanmoins, même avec des cendres brutes, cette propriété se manifestera au bout d'un certain temps et offrira finalement un intérêt pour les produits fabriqués, qui présenteront des qualités supérieures de durée, une meilleure conservation au contact des eaux agressives et, dans une certaine mesure ⁽¹⁾, un plus faible retrait.

Le moment est venu de dire un mot sur les avantages de la présence des cendres pour la conservation des bétons. Il est connu qu'au bout de quinze à vingt-cinq ans, dans les régions industrielles dont l'atmosphère n'est pas toujours très pure, les surfaces exposées aux intempéries ont tendance à s'effriter, par suite, vraisemblablement, de la formation de fissures et de la solubilité de la chaux du liant. L'addition de cendres pouzzolaniques parmi les agrégats du béton d'un élément moulé, contribuera à fixer la chaux et à mettre cet élément à l'abri de l'action dissolvante des pluies ⁽²⁾.

Une revue complète des utilisations des cendres volantes dans la construction devrait comprendre des chapitres sur les emplois des cendres comme amaigrissants de la pâte à briques, comme matière première pour la fabrication des bétons cellulaires et comme charge pour les matières plastiques. Je ne dispose malheureusement pas aujourd'hui d'assez de temps pour pouvoir consacrer à ces questions le développement qu'elles mériteraient et je me contenterai de les citer rapidement.

Amaigrissement de la pâte à brique.

Des essais d'emploi des cendres, en remplacement de chamotte ⁽³⁾ pour amaigrir des argiles plastiques, effectués à la Station de Recherche du Bâtiment britannique et au Laboratoire Français de la Terre Cuite, ont abouti à des résultats très favorables avec des pourcentages atteignant 85 % de cendres, dans le cas d'argiles très plastiques; mais les applications industrielles n'ont pas, à notre connaissance, été aussi loin. En Angleterre, on fait des briques avec 50 % de cendre. En France, quelques briqueteries emploient 15 à 25 % de cendre.

Béton-gaz.

Dans les bétons-gaz crus ou autoclavés, les cendres jouent à la fois le rôle d'agrégats et d'agent pouzzolanique. Deux usines françaises, l'une en Lorraine et l'autre à Blanzky emploient environ 30 000 t de cendres volantes par an à la fabrication de Durox.

Charges pour les matières plastiques.

Ces dernières années ont vu une progression rapide de l'emploi des matières plastiques dans la construction. Un développement encore accru paraît bien être une certitude du proche avenir. Un certain freinage actuel, qui tient à leur prix élevé, pourrait être surmonté par l'incorporation de charges bon marché. Les cendres volantes devraient pouvoir se prêter à cet objet. De petits moulages exécutés avec des cendres grillées (saumon) ou brutes (gris foncé) ont une très belle apparence. Mais nous nous aventurons ici sur le terrain dangereux de l'anticipation.

Boulettes de cendres frittées.

Après avoir parlé d'utilisations des cendres, déjà consacrées en France par une certaine pratique, je voudrais dire quelques mots d'un traitement qui a été expérimenté en Angleterre et

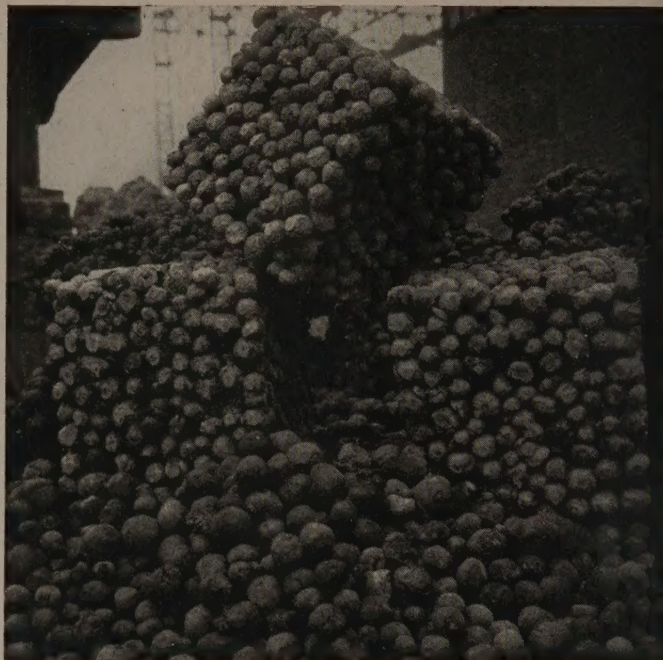


FIG. 7. — Béton caverneux de boulettes frittées.

en Allemagne : l'agglomération des cendres par frittage (c'est-à-dire par collage des grains après ramollissement à une température un peu inférieure à celle de leur fusion) en utilisant comme combustible les imbrûlés qu'elles contiennent.

On fabrique ainsi, sous forme d'une sorte de clinker, de mâchefer ou de boulettes, un agrégat résistant et relativement léger, d'une densité de chargement de l'ordre de 0,6 à 0,7, analogue à celle de la pouzzolane, pouvant, pour bien des usages, remplacer également le gravier ordinaire.

Les produits obtenus par fabrication tant artisanale que semi-industrielle ou industrielle, donnent parfaitement satisfaction au point de vue technique. L'expérience anglaise des deux dernières années en est la preuve. Mais la mise au point d'installations capables de résoudre économiquement toutes les sujétions d'une fabrication industrielle, ne semble pas encore tout à fait achevée. Je crois qu'on doit y arriver. Le jour où l'on aura surmonté les dernières difficultés, se trouveront résolus en même temps, à la satisfaction des uns et des autres, les problèmes d'évacuation des cendres de nombreuses centrales et les problèmes d'approvisionnement en graviers et pouzzolanes des entrepreneurs travaillant au voisinage de ces centrales.

Quelques fabrications artisanales obtenues avec des cendres volantes françaises ont entièrement confirmé les résultats étrangers. La figure 7 montre un tas de boulettes fabriquées avec des cendres françaises et des cubes de béton caverneux.

Le procédé demande un % d'imbrûlés supérieur à 5 %, donc l'alimentation des cimentiers, qui s'intéressent principalement aux cendres de teneurs inférieures, ne risque pas d'être compromise.

⁽¹⁾ A condition que le ciment utilisé soit toujours le même.

⁽²⁾ Les réactions des matériaux avec les liants sont parfois nuisibles (alcalis, agrégats). Avec les cendres volantes on dispose au contraire d'un agrégat qui, pourvu qu'on lui laisse le temps d'agir, apporte une aide à la conservation des ouvrages.

⁽³⁾ L'utilisation des cendres, remplaçant la chamotte fine dans la construction des voûtes réfractaires des foyers de chaudières de locomotives, s'inspire de la même idée d'amaigrissement.

UTILISATIONS ROUTIÈRES

Les utilisations routières des cendres sont à cheval sur le remplacement d'agréats et sur l'entrée dans la constitution des liants hydrauliques.

En Amérique, les principaux emplois industriels des cendres volantes ont pour objet les travaux routiers, notamment comme filler de liants bitumineux, à raison de 3 à 400 000 t par an, ainsi que des tonnages importants pour la stabilisation des sols et les chaussées en béton.

En France, les Ponts et Chaussées s'intéressent à l'emploi des matériaux locaux et les laboratoires des routes ont soumis les cendres volantes aux épreuves appliquées habituellement aux matériaux qu'on se proposait de leur faire remplacer. Les résultats ont, de façon générale, confirmé l'expérience américaine. Plusieurs ingénieurs français ont, en outre, envisagé l'utilisation des cendres pour la mise en œuvre de techniques routières originales. Cependant, ces conclusions n'étaient pas suffisamment connues des Entreprises jusqu'à ces derniers temps et les applications dans les travaux sont restées un peu hésitantes, comme dans tous les cas de nouveautés qui n'ont pas reçu une approbation officielle.

Plusieurs chantiers d'importance secondaire ont tout de même employé quelques dizaines de milliers de tonnes de cendres avec des résultats satisfaisants, tout en mettant en évidence un problème de matériels : les appareils de transport, de mélange, de dosage, et de distribution ont besoin d'être adaptés.

Heureusement, la situation devrait pouvoir maintenant évoluer assez rapidement ; au cours d'un colloque, qui s'est tenu le 29 janvier au Laboratoire des Ponts et Chaussées, en vue de confrontations générales d'idées et d'expériences sur les utilisations routières des cendres, les formules suivantes ont été retenues :

a) Les cendres volantes peuvent être employées seules comme sous-couche de protection pour éviter les remontées d'argile ; leur facilité de compactage et leur porosité permet la construction de lits filtrants ; les très faibles intervalles libres entre les particules rendent difficile le passage des suspensions d'argile par capillarité. De fait, on observe dans les réalisations, une excellente étanchéité des couches de cendres compactées ; les effets du gel, qui auraient pu être redoutés, ne se sont pas manifestés après plusieurs années d'exécution. Mais l'utilisation des cendres suivant cette formule sera probablement assez limitée.

b) L'action de surface des cendres volantes permet de les utiliser pour épaissir les liants hydro-carbonés, en remplacement total ou partiel des fillers calcaires habituels ou en mélange avec une petite quantité de chaux, dans l'exécution d'enrobés denses.

Le prix économique des cendres permet d'augmenter les dosages de filler, ce qui est actuellement considéré comme devant améliorer la qualité des revêtements.

L'emploi des cendres paraît particulièrement indiqué dans le cas des goudrons.

c) Les cendres sont utilisables pour la stabilisation, soit mécanique, soit chimique, des sols.

Stabilisation mécanique d'abord, leur granulométrie fine permet de remplir les vides entre les grains plus gros composant les sables, graviers et schistes des terrains en place et d'améliorer par arc-boutement mutuel, leur résistance à la compression.

Quand on additionne les cendres à un liant hydraulique destiné à une stabilisation chimique, leur effet pouzzolanique, bien que lent, permet de diminuer les dosages du liant et d'étendre le domaine d'emploi économique du procédé.

Indirectement, les cendres fournissent un moyen de dispersion facile du liant ; il est plus commode de répartir de façon uniforme un matériau amaigri aux cendres représentant 12 % du volume total du terrain, que 3 % de ciment pur. D'un autre côté, pour éviter les risques de fissures, il y a intérêt à ne pas employer un liant trop bon ; un ciment à 75 % de cendres peut alors convenir ; il est probablement plus avantageux de le fabriquer sur le chantier que de le faire faire spécialement par les cimenteries. Certains considèrent que le mélange des cendres avec de la chaux (lime flyash) est préférable parce qu'il n'a pas besoin d'être employé aussi vite.

Les exposés et discussions du colloque du 29 janvier vont être rassemblés dans un opuscule qui constituera un document de travail précieux à la disposition de toutes les personnes que ces problèmes intéressent (un compte rendu résumé a déjà paru dans les derniers numéros du Moniteur des Travaux Publics).

La Direction du Laboratoire des Ponts et Chaussées et la Direction des Routes ayant fait connaître qu'elles accordaient leurs patronages aux utilisations routières des cendres, cela devrait avoir un effet stimulant sur le développement prochain de celles-ci, tout particulièrement dans la stabilisation mécanique et chimique des sols.

La création d'un polygone sur lequel des essais d'emploi des matériaux de route seront possibles dans les conditions du chantier a été décidée par le Laboratoire des Ponts et Chaussées. De telles expériences fourniront des renseignements extrêmement précieux, en particulier sur le comportement des cendres. Il est à souhaiter qu'elles soient mises en train le plus rapidement possible, pour qu'on puisse tirer parti bientôt des résultats.

LES CIMENTS AUX CENDRES

Il existe actuellement dans le commerce deux catégories de ciments contenant des cendres volantes : les ciments pouzzolano-métallurgiques Fouilloux et les ciments portland à 20 % de cendres, dont la normalisation est en cours.

L'action officielle en faveur des ciments portland à 20 % de cendres a été déclenchée dans le souci de développer la production de ciment sans consommer de charbon supplémentaire. En même temps qu'ils autorisaient et recommandaient l'augmentation des dosages de laitier dans le C. P. B. et dans le C. H. F., les Pouvoirs Publics ont admis, en remplacement du laitier et en même proportion, des additions de cendres volantes, dont les qualités pouzzolaniques avaient été reconnues dans les laboratoires. Pour les cimenteries, la formule avait l'avantage de permettre des économies d'investissements et de donner de la souplesse à la production. Les tonnages de laitier absorbés ont crû très rapidement. En ce qui concerne les cendres volantes, l'opération a démarré avec prudence ; mais l'exemple donné par La Loirie a été progressivement suivi par un grand nombre de cimenteries. Il semble bien qu'aucun d'eux ne l'ait regretté.

En 1957, environ 90 000 t de cendres volantes avaient été utilisées pour la fabrication de ciment contenant 10 à 20 % de cendres ; le tonnage correspondant de 1958 a dû atteindre 250 000 t. On peut évaluer à plus de 3 millions de tonnes les tonnages de ces ciments qui ont été consommés à l'heure actuelle. L'homologation officielle de la norme du C. P. A. C. devrait accentuer cette progression.

La France est le seul pays où l'exploitation commerciale des propriétés pouzzolaniques des cendres volantes soit assurée par l'intermédiaire des cimenteries. A l'étranger, des mélanges de cendres et de ciments s'effectuent seulement sur les chantiers, par les soins des entrepreneurs ou des fabricants de

produits en béton moulé ; cependant quelques personnes commencent aussi à s'intéresser aux ciments aux cendres. Il serait d'ailleurs logique que l'existence de ciments portland aux cendres dont la qualité est reconnue en France, et garantie par les contrôles sérieux du laboratoire de la Ville de Paris, soit officiellement enregistrée par la normalisation internationale. Toute action tendant à préciser la position des utilisateurs français au sujet de ces ciments, devrait avoir pour effet d'accélérer ce résultat. Il est donc particulièrement intéressant de faire le point actuel de la question.

Une certaine réserve s'est manifestée, au moment de la mise dans le commerce des ciments aux cendres, de la part de personnes qui n'étaient pas exactement informées du problème, ou qui préféraient attendre que les nouveautés qu'on leur proposait aient fait leurs preuves. Aujourd'hui il ne semble plus qu'une telle position soit justifiée⁽¹⁾ et il est possible de conclure avec netteté que l'on peut faire confiance aux ciments aux cendres pour tous les usages courants.

Naturellement, il ne saurait être question d'imposer aux entreprises l'emploi des ciments aux cendres, ni d'obliger tous les cimentiers à en fabriquer ; aucune crainte ne peut exister sur ce point. Il y a des cimenteries éloignées de centrales au charbon pulvérisé, d'autres situées au voisinage d'usines sidérurgiques et travaillant depuis longtemps avec du laitier, pour lesquelles la question addition de cendres au ciment ne se pose pas.

Définition du C. P. A. C.

Nous avons vu que, suivant l'origine du combustible brûlé dans les chaudières, il y a lieu de distinguer :

— *Les cendres volantes de houille*, constituées en majeure partie de silice et d'alumine, avec une très faible teneur en chaux, qui possèdent des propriétés pouzzolaniques.

— *Les cendres volantes de certains lignites*, à teneur en chaux élevée, qui possèdent des propriétés hydrauliques.

Rappelons la définition des *propriétés pouzzolaniques* : c'est l'aptitude d'un produit, ne possédant pas de propriétés hydrauliques, à fixer, en présence d'eau, à la température ordinaire, de la chaux, en particulier celle libérée par l'hydratation du clinker de portland, en formant des composés ayant des propriétés hydrauliques. Le *pouvoir hydraulique* est l'aptitude à faire prise et à durcir en présence d'eau.

Ces phénomènes se produisent aussi bien sous l'eau que dans l'air.

Les propriétés pouzzolaniques des cendres leur permettent de remplacer, dans les mortiers et les bétons, une partie du ciment portland qui serait nécessaire pour obtenir la résistance finale désirée. Dans le cas du ciment portland artificiel ne contenant pas de matières pouzzolaniques, l'opération de durcissement du béton correspond à l'hydratation du clinker et à la formation d'un enchevêtrement de cristaux et de gels de silicates et d'aluminates enrobant les agrégats, avec mise en liberté de chaux sans emploi ; cette chaux — tout au moins celle qui se trouve au voisinage de la surface — peut ensuite, au contact avec le CO_2 de l'air, se transformer en carbonate ; mais elle risque aussi d'être progressivement dissoute par les eaux de ruissellement.

Quand il s'agit d'un ciment aux cendres, le phénomène que nous venons de décrire représente seulement un premier temps et — au bout d'une attente plus ou moins longue — on voit intervenir un deuxième temps, au cours duquel la

chaux est elle-même fixée par les éléments pouzzolaniques des cendres, en donnant naissance à un second réseau de cristallisation, associé à des groupements de particules colloïdales. En se développant, ce second système joue, à son tour, un rôle dans l'accroissement de la résistance mécanique du béton et il présente l'avantage de mettre la chaux à l'abri des influences nuisibles.

Les propriétés pouzzolaniques des cendres peuvent être exploitées, soit en mélangeant les cendres au ciment au moment de l'emploi, soit en préparant un ciment aux cendres en cimenterie.

Au chantier, on peut faire des dosages tenant compte des destinations particulières du mortier ou du béton, le cas échéant après des essais, mais on sera en général obligé d'employer les cendres *tout-venant*, ce qui peut présenter un inconvénient. Rappelons, en effet, que le *broyage des cendres facilite le déclenchement de leur activité pouzzolanique*, et ce broyage ne peut guère se faire qu'en usine, sauf pour de très gros travaux. En outre, la qualité du mélange livré par la cimenterie est garantie par une norme. Nous avons néanmoins rencontré, au sujet des routes, le cas de mélanges à très forte teneur en cendres (50 à 75 %), qu'il serait probablement intéressant de préparer sur le chantier.

Depuis 1952, les Houillères elles-mêmes fabriquent des voussoirs pour le fond au Groupe de Bruay, en remplaçant une partie du ciment par des cendres : 25 % quand les cendres sont à l'état brut, 35 % quand elles sont broyées.

Rappelons également qu'au barrage de Saint-Hilaire construit par E. D. F. dans l'Isère, environ 2 000 t de cendres ont été employées sans broyage, pour les bétons de revêtements des massifs, en remplacement de portland, à raison de 15 % du dosage de celui-ci. La mise en œuvre a été faite sur le chantier sans difficulté, bien que le matériel ne fût pas prévu pour cela.

Le délai qu'il faut à l'effet pouzzolanique pour se manifester oblige quelquefois à prendre en cimenterie certaines dispositions particulières pour remplir les exigences des chantiers pendant les premiers jours.

Les essais de laboratoire ont montré que les ciments contenant jusqu'à 35 à 40 % de cendres donnaient, au bout d'un temps plus ou moins long, des résistances supérieures ou égales à celles obtenues avec du ciment pur. Cette proportion serait celle qui permettrait d'exploiter le mieux les propriétés de la cendre. Mais un long délai (de l'ordre de trois à six mois) est alors nécessaire pour récolter le plein bénéfice de l'addition de cendres. Dans la pratique, les chantiers ont aussi besoin d'atteindre des résistances minimum pendant les premiers jours. D'autre part, la normalisation impose des épreuves de résistances à 7 et 28 jours qu'il est assez difficile de respecter avec ces pourcentages, sans finesse coûteuse ou sans addition d'autres matières. C'est pourquoi, après être parti d'un chiffre de 15 %, l'AFNOR a finalement proposé à l'homologation une teneur de 20 % de cendres volantes pour le ciment portland aux cendres C. P. A. C.

Garanties présentées par les cendres volantes.

L'introduction de cendres volantes dans les ciments a soulevé un certain nombre de questions de la part des cimentiers ; d'autres, de la part des entreprises appelées à utiliser les ciments aux cendres, ainsi que des laboratoires chargés par elles de vérifier la qualité des produits.

⁽¹⁾ Depuis huit ans, les caractéristiques des cendres volantes françaises ont été étudiées ; des données claires sur leur comportement en addition aux ciments ont été recueillies au laboratoire ; les meilleures conditions de fabrication des mélanges avec le clinker portland ont été expérimentées ; des observations ont pu être effectuées sur les chantiers à l'occasion de la mise en œuvre des ciments aux cendres ; leurs avantages et leurs inconvénients ont pu être dégagés.

Les préoccupations des cimentiers étaient :

- la vérification de l'activité des cendres pures ;
- la garantie de leur régularité au point de vue finesse et composition chimique, en particulier en ce qui concerne la limitation de leur teneur en imbrûlés ;

Les questions posées par les laboratoires étaient :

- la possibilité de vérifier la teneur en cendres des ciments
- et la possibilité de vérifier l'activité pouzzolanique des cendres contenues dans le mélange.

Les entreprises se préoccupent de savoir si des précautions particulières ne sont pas exigées par ces ciments.

L'examen de ces différents points va permettre de rassurer les personnes qui s'interrogent sur le rôle des cendres dans les ciments.

Pour vérifier l'activité pouzzolanique des cendres pures, plusieurs méthodes ont été proposées :

— Le procédé, qui a été employé tout d'abord et qui est d'ailleurs seul capable de donner la référence de base à laquelle il faut finalement se reporter dans tous les cas, consiste à comparer, par la méthode normalisée et aux échéances habituelles, les résistances d'un ciment aux cendres à celles d'un ciment portland pur de même finesse, ou à celles d'un liant résultant du mélange de portland avec le même pourcentage d'un produit connu comme inerte (fig. 8).

On peut traduire les résultats obtenus en calculant le coefficient K de Feret, qui est donné par $K_f = R_j \left(1 + \frac{e}{c}\right)^2$.

Ces essais sont démonstratifs mais ils demandent de longs délais.

— La norme américaine et l'ancienne norme italienne, qui comportent des épreuves mécaniques à 7 et 28 jours, ont le même inconvénient et ne procurent pas la même référence de base parce qu'elles s'écartent des conditions réelles d'emploi.

— Un test plus rapide a été proposé par M. Chapelle : mesure de la quantité de chaux fixée au bout de seize heures d'ébullition d'une liqueur aqueuse contenant 1 g de cendres et 1 g de chaux. Quelques précautions sont à prendre pour protéger la chaux contre le gaz carbonique de l'air. Cet essai est satisfaisant sur le plan qualitatif (¹). La seule objection à retenir contre lui est qu'il n'est pas admis officiellement. Cette lacune pourrait être aisément comblée.

— L'application aux cendres de la méthode décrite dans la norme P 15-301 pour la recherche des insolubles dans les ciments (traitement par HCl à chaud puis reprise des résidus par Co³Na²) permet de mettre en évidence rapidement que les cendres ne sont pas des inertes. On peut retenir en moyenne 15 % comme chiffre des produits solubles (ou 85 % d'insolubles) pour les cendres des Houillères du Nord-Pas-de-Calais (²). Le dosage des insolubles dans la soude à chaud, prévu par la nouvelle norme AS TM, peut aussi être utilisé.

Garantie de régularité.

Une fois reconnue la qualité d'un échantillon, les cimentiers se préoccupent de recevoir régulièrement les cendres répondant aux mêmes caractéristiques.

A l'intention des chantiers qui utilisent directement des cendres pour leur action pouzzolanique, les Américains ont cherché à définir des spécifications que doivent respecter

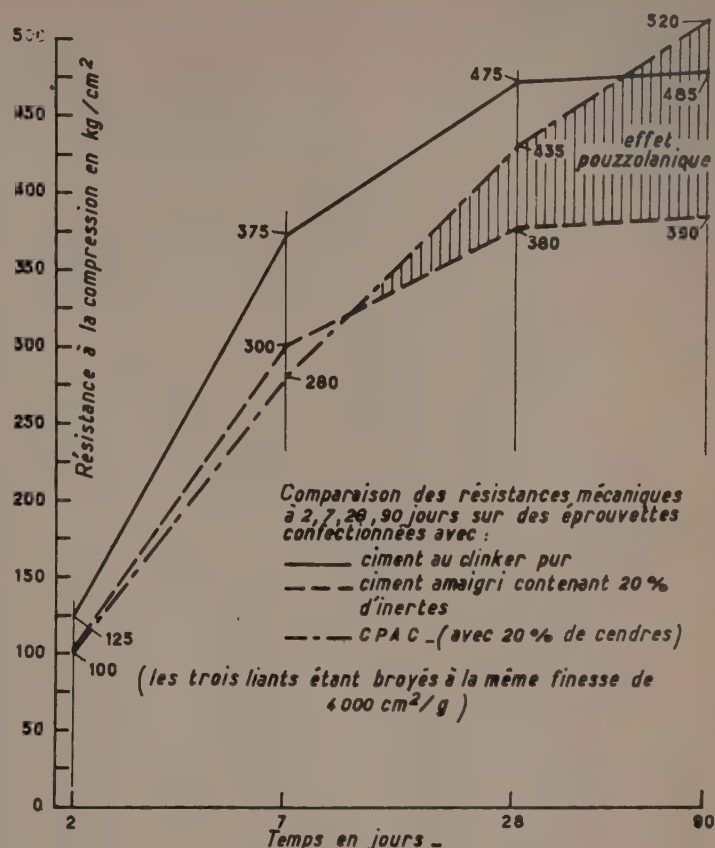


FIG. 8. — Manifestation de l'effet pouzzolanique des cendres volantes.

les produits. Signalons d'ailleurs que les divers organismes américains intéressés ne sont pas d'accord sur des spécifications absolument identiques. On trouve tout de même entre elles des chiffres à peu près concordants : pour la fixation des limites inférieures du total silice + alumine à 50-60 % (en France, nos cendres de houille font en général 80 %) ; des limites supérieures de la teneur en chaux : 6 % ; (toutes les cendres françaises, sauf celles des lignites des Bouches-du-Rhône et peut-être celles des anthracites des Alpes, ont de façon régulière moins de 4 % de chaux). Les spécifications américaines prévoient aussi des teneurs en magnésie et en soufre inférieures à 3 %, ce qui est très largement réalisé par les cendres françaises. Dans l'ensemble, on peut dire que, statistiquement parlant, nos cendres volantes répondent sur ces différents points aux exigences américaines.

Dans les spécifications américaines figure également une limite inférieure de la finesse et du poids spécifique ; on pourrait ouvrir une discussion à ce sujet mais cela n'intéresse pas nos cendres qui sont rebroyées en cimenterie. Grâce à ces spécifications, les Américains vendent les cendres quatre ou cinq fois plus cher que les prix pratiqués en France.

En ce qui concerne les imbrûlés, les Américains prévoient, suivant les cas, moins de 12 % ou moins de 7 %. Il peut être bon de donner ici quelques précisions à leur sujet :

(¹) Remarquons cependant qu'on obtient avec différentes cendres des chiffres échelonnés entre 18 et 30 %, mais les expériences faites par la suite, avec les mêmes cendres, n'ont pas permis d'attribuer à ces chiffres une valeur absolue.

(²) Avec les cendres des lignites des Bouches-du-Rhône, la quantité d'insolubles est à peu près nulle.

- Les imbrûlés sont incontestablement inertes;
- Ils donnent au ciment une couleur plus foncée;
- Ils contribuent à augmenter légèrement l'eau nécessaire pour le mortier de consistance normale; si l'on prend un dosage en volume au lieu d'un dosage en poids, cette augmentation est moins marquée;

— L'hypothèse a été émise qu'ils pouvaient avoir une action nuisible sur le béton. Théoriquement, on ne voit pas très bien comment. En pratique, on n'a jamais rien observé. Et, puisque nous avons pris les Romains pour guides au sujet de l'effet pouzzolanique, nous pourrions aussi nous inspirer de leur expérience sur ce point; j'ai lu autrefois que ceux-ci, en même temps qu'ils utilisaient de la pouzzolane ou de la brique pilée, liaient quelquefois leur maçonnerie avec du sang de captifs et des farines de céréales; ces matières organiques ne semblent pas avoir eu de fâcheuse influence sur la durabilité des édifices;

— Les Américains, interrogés, déclarent qu'il vaut mieux avoir 10 à 12 kg d'inerte en plus par mètre cube de béton et 100 à 140 kg de chaux soluble en moins;

— Au total, c'est seulement en vue d'éviter les inertes que les cimentiers se servent de préférence de cendres contenant moins de 5 % d'imbrûlés.

Grâce aux expériences poursuivies depuis des années, la stabilité de la composition des cendres fournies par une même centrale ou par les centrales consommant des charbons du même Bassin, est maintenant une chose bien admise. Pratiquement, les cendres de centrales différentes du même Bassin se comportent de façon extrêmement analogue. Les différences entre ciments aux cendres tiennent en grande partie aux dispositions particulières adoptées par les cimenteries en ce qui concerne la fabrication du clinker, la mouture des constituants principaux, les additions spéciales.

Identité du comportement de cendres volantes d'origines voisines avec divers clinkers (voir Annexe I, p. 535 et suivantes).

Des essais ont été entrepris pour voir si certaines cendres du Bassin du Nord-Pas-de-Calais étaient supérieures aux autres, et si certaines avaient une affinité plus marquée pour un clinker particulier, et vice-versa (¹).

Il en est ressorti que :

- Toutes les cendres se comportant dans des conditions très voisines avec chaque clinker (on observe un groupage serré des courbes correspondant aux différentes cendres); en particulier, les différences entre cendres dont les teneurs en imbrûlés sont comprises entre 0,5 et 3,5 ne se remarquent pas;

- Le ciment, qui donne à l'état pur les résistances les moins élevées, semble être celui avec lequel l'action des cendres est la mieux exploitée;

- Pour les mélanges de deux autres clinkers avec les mêmes cendres, on obtient des résistances largement supérieures à la norme, il n'est donc pas nécessaire de pousser le broyage jusqu'à 4 000 Blaines — on peut se contenter de 3 000;

- L'action des cendres commence à se manifester de façon vraiment nette surtout à partir de 28 jours.

Une question avait également été soulevée : celle de la garantie d'une *production récente*. Les essais comparatifs qui ont été faits à ce sujet n'ont pas fait apparaître de variation. Peut-être les effets du vieillissement, qui ont été invoqués pour expliquer que les pouzzolanes françaises étaient peu actives, ne se manifestent-ils qu'à l'échelle du million d'années.

Ce qui dépend des cimentiers.

Tous les résultats d'expériences publiés par des laboratoires officiels ou privés, les indications données par les exploitants de centrales sur les caractéristiques moyennes ou limites de leurs produits, la normalisation du ciment portland C. P. A. C., ne dispensent pas les cimentiers de prendre certaines dispositions particulières pour la fabrication des ciments aux cendres. Les problèmes qu'ils ont à résoudre portent sur :

- Le choix des produits, le mode de vérification des caractéristiques estimées importantes;

- Les dosages adoptés pour les cendres, les clinkers et, le cas échéant, d'autres constituants;

- La finesse du mélange ou les finesses particulières du clinker et des cendres, si le broyage est fait séparément, et la façon de réaliser l'intimité du mélange.

Les décisions adoptées dépendent évidemment des caractéristiques du clinker habituellement produit par la cimenterie.

Tout cela montre que la mise en route d'une nouvelle fabrication de ciment aux cendres en cimenterie, demande une préparation. En outre, des questions matérielles importantes ont besoin d'être traitées : il y a des équipements nouveaux à acquérir et des aménagements à apporter aux installations existantes. Il faudra :

- Acheter ou louer des camions-citernes pour l'amenée des cendres (les camions destinés au transport du ciment en vrac peuvent servir).

- Construire ou libérer des silos pour le stockage des cendres et le stockage du nouveau ciment.

- Installer des dispositifs de manutention, de dosage et de broyage.

L'adaptation des usines se fera progressivement; en général dans la mesure où, la demande de la clientèle augmentant, des dispositions auront à être prises pour la satisfaire. C'est dire que le développement du ciment aux cendres sera lié de très près au développement de l'économie du pays.

L'information de la clientèle est normalement assurée par les indications portées sur les sacs, mais il peut également être utile d'accompagner celles-ci de quelques commentaires transmis par le représentant de la cimenterie à l'occasion de la fourniture du produit nouveau : ne serait-ce que pour expliquer la couleur différente. Chacun aime à savoir où il va. Quand, dans une opération courante, on introduit un facteur nouveau, il peut être nécessaire d'apporter aussi quelques modifications aux conditions accessoires de la mise en œuvre, et il est très compréhensible que l'utilisateur demande des précisions à ce sujet. Par la suite, l'enregistrement des réactions de la clientèle est évidemment intéressant.

(¹) Ils ont porté sur des cendres des principales centrales du Bassin donnant régulièrement des teneurs en imbrûlés inférieures à 5 % et sur cinq clinkers d'analyse assez voisine. Clinkers et cendres ont été broyés séparément à une finesse proche de 4 000 Blaines et mélangés dans la proportion 80 et 20, sans aucune addition de gypse.

En abscisses, sont portés les temps 2 j — 7 j — 28 j — 90 j.

En ordonnées, les résistances mécaniques en kg/cm².

Les résultats correspondant aux éprouvettes de référence confectionnées avec un liant à 100 % de clinker de portland, sont figurés par la courbe en trait pleins.

Les résultats relatifs à des mélanges de 80 % du même clinker avec 20 % de cendres provenant de quatre centrales : Chocques, Labuissière, Harnes et Violaines, sont représentés par les courbes en traits discontinus croix et points.

Au point de vue pratique, l'usager de ciment au cendres a besoin de connaître les points suivants :

— Il y a un problème de couleur; la couleur grise est d'ailleurs quelquefois appréciée, mais il ne faut pas changer de ciment au milieu d'une façade;

— Les ciments aux cendres ont un durcissement plus lent que les portlands purs de même granulométrie. Dans la majorité des cas, sauf quelquefois en présence d'autres matières minérales, l'effet pouzzolanique ne se fait pas sentir pendant les sept premiers jours. Suivant la finesse, il commence à se manifester entre 7 et 90 jours, pour 3 à 4 000 Blaines, aux environs de 28 jours. Pour respecter la condition de résistance à 7 jours⁽¹⁾ exigée par la norme, les ciments aux cendres fabriqués avec certains clinkers sont broyés plus fins que les ciments ordinaires au clinker pur; pour d'autres, ayant une marge initiale suffisante, cela n'est pas nécessaire; le retard du début est rattrapé par la suite, c'est-à-dire que la croissance des résistances est plus rapide que pour le portland pur. Pour les ouvrages c'est la résistance finale qui compte; on a l'habitude de l'estimer d'après les conditions d'évolution courantes des ciments portland pur. Avec les ciments aux cendres, il faudra prendre de nouvelles habitudes et savoir qu'à partir des résistances observées à 7 et 28 jours, on peut attendre davantage à 90 et 200 jours qu'on ne le pourrait pour les mêmes chiffres avec du ciment portland artificiel.

Les résistances à 2 et 7 jours ont de l'importance pour l'entrepreneur qui désire décoffrer vite sans risque d'accident; mais il est tout de même assez rare que l'on soit à quelques heures près et le rattrapage de 20 % des résistances aux environs de 2 jours est une question de quelques heures. L'effet d'une petite différence de température peut être beaucoup plus gênant.

On fait d'ailleurs des H.R.I aux cendres : tout est une question de finesse et de dosage.

— Étant un peu plus légers, ils occupent un volume plus grand ce qui augmente le dosage en volume. Il faut faire attention quand on utilise des sacs, car sans précautions spéciales, les sacs ne pèsent plus 50 kg.

— Même broyés fin, les ciments aux cendres ont tendance à donner un retrait plus faible que les ciments ordinaires fabriqués avec le même clinker; les essais qui ont été faits par le CERILH ont donné des résultats très nets, mais les mesures sur des ciments du commerce ne sont pas encore très nombreuses. Elles font apparaître de façon régulière qu'un ciment aux cendres, même moulu fin, ne doit pas faire craindre une augmentation du retrait, mais au contraire donne un retrait inférieur à celui qui est obtenu avec le ciment portland fabriqué avec le même clinker; néanmoins, certains ciments aux cendres peuvent donner un retrait supérieur à celui de ciments purs provenant d'autres clinkers.

— parce qu'ils contiennent moins de chaux susceptible d'être dissoute dans les cas d'exposition des ouvrages aux eaux agressives, la présence de cendres apporte une garantie de durabilité meilleure que le C. P. A. Il semble que cet avantage puisse s'étendre aux intempéries dans les régions industrielles.

Cependant, le ciment à 20 % de cendres ne contient pas assez d'éléments pouzzolaniques pour fixer la totalité de la chaux; aussi ne donne-t-il pas une sécurité complète en présence des eaux agressives. Il faudrait arriver à 35 % pour absorber toute la chaux. Néanmoins, le C.P.A.C. représente

à ce point de vue un progrès par rapport au C.P.A. ou au C.P.A.L.

— Ayant une chaleur d'hydratation relativement faible, les ciments aux cendres sont plus sensibles à l'effet d'accélération du durcissement par la chaleur, en particulier la résistance à la traction est fortement augmentée. Cela ressort nettement des expériences du CERILH qui ont mis en évidence l'influence toute particulière de la finesse dans ce cas.

Quelques essais ont été faits au sujet de la résistance au gel des ciments aux cendres; ils ont fait apparaître que ceux-ci se comportent au début c'est-à-dire jusqu'à ce que l'effet pouzzolanique se soit manifesté, comme des ciments amaigris et se montrent alors un peu plus sensibles au gel que les ciments au clinker pur. Après une attente de un à trois mois, la résistance au gel des ciments aux cendres s'améliore notablement et dépasse celle des ciments ordinaires.

Avec le temps, toutes ces indications entrent progressivement dans le domaine des connaissances courantes possédées par les utilisateurs de ciment⁽²⁾. Est-ce à dire qu'il n'y a pas lieu de faire de différence entre le C.P.A. et le C.P.A.C. ou le C.P.A.L. (et peut-être dans l'avenir le C.P.A.L.C.)⁽³⁾. Ce n'est pas absolument certain.

Chaque qualité de ciment a un domaine d'emploi pratique, qui ne recouvre pas tout à fait ceux des autres. Si, pour les usages courants, un grand nombre de catégories de ciments rendent exactement les mêmes services, il y a tout de même des usages particuliers pour lesquels certaines conviennent mieux que d'autres, à cause de leurs caractéristiques propres quand ce ne serait que la couleur, ou les conditions de mise en œuvre (décoffrage rapide), le retrait, etc... Il n'est pas toujours désirable de faire des mélanges de ciments de catégories différentes; si l'on veut faire certaines additions au chantier (des cendres par exemple avec diminution des dosages de ciment ou du chlorure de calcium), pour qu'elles soient efficaces, il convient d'utiliser des ciments qui ne contiennent pas déjà les mêmes produits. Il est donc tout à fait admissible que le client, pour être à même de faire son choix dans ces cas particuliers, demande à connaître la catégorie (c'est-à-dire la composition) du ciment qu'il achète, et se préoccupe de pouvoir vérifier ces indications.

Vérification des dosages.

Les laboratoires se sont inquiétés de la possibilité de vérifier sur les ciments du commerce, la quantité de cendres incorporées et la qualité pouzzolanique du produit d'addition, afin de pouvoir en rendre compte aux maîtres d'œuvre.

— Le laboratoire de la Ville de Paris a proposé des solutions élégantes pour les deux problèmes :

a) La mesure des insolubles permet un dosage approximatif pour autant que les cendres utilisées possèdent des caractéristiques analogues à celles que nous connaissons actuellement.

b) La comparaison des insolubles, avant et après cuisson de l'échantillon de ciment à 1 000° pendant une heure, démontre l'activité du constituant secondaire.

— On peut aussi appliquer la mesure des insolubles, d'une part, suivant la norme et, d'autre part, en prolongeant l'action d'HCl à chaud pendant une heure. Si l'on obtient des chiffres notablement différents, on conclut que le produit d'addition contenu dans le ciment est bien chimiquement actif.

(1) Les épreuves inscrites dans les normes ne représentent pas les exigences pratiques des ouvrages. Elles correspondent surtout à des possibilités de vérification commodes et à des conditions de chantiers.

(2) D'autres points avaient fait naître des inquiétudes, comme l'indication de maintenir le béton humide et d'éviter le froid. La question est bien la même avec les ciments portland A ou B, quand on veut être sûr d'une très bonne qualité de béton.

(3) La teneur de 20 % figurant dans la norme C.P.A.C. correspond à un maximum.

— L'application de la *nouvelle norme italienne* permet également de juger si le ciment proposé est, ou non, additionné de pouzzolane. Elle consiste à reporter sur un graphique les teneurs en chaux et en alcalis d'une solution obtenue par le maintien en étuve à 40° pendant 7 jours d'un échantillon du ciment à vérifier en suspension dans l'eau⁽¹⁾. Cette norme fournit l'occasion d'observations intéressantes en faisant ressortir le caractère particulier des mélanges à 35-40 % de cendres, qui correspondent à un coude de la courbe représentative des mesures effectuées (voir Annexe II, p. 542).

Perspectives d'avenir.

La preuve est faite aujourd'hui que les C.P.A.C. sont de qualité satisfaisante, d'un emploi courant sans histoire. Au moins n'est-il survenu, à ma connaissance aucun déboire dans leur mise en œuvre sur le chantier, sauf, dans un petit nombre de cas, en ce qui concerne des variations de couleur. Si certaines entreprises ont eu des expériences qui contredisent cette affirmation, il serait très instructif pour tous de connaître les difficultés qu'elles ont rencontrées et les observations qu'elles ont faites.

Étant admis que le C.P.A.C. est équivalent au C.P.A., en ce qui concerne sa mise en œuvre, faut-il considérer que sa fabrication est uniquement liée à des questions d'opportunité et qu'elle pourra cesser si les raisons qui l'ont fait lancer disparaissent. Je crois au contraire qu'au fur et à mesure qu'on l'emploiera, on trouvera davantage de raisons de l'apprécier. Peut-être mon jugement à ce sujet est-il entaché de partialité; mais, autant que tout autre, je voudrais être en possession de résultats objectifs, indiscutables.

Je sais qu'on pourrait faire reproche aux affirmations sur les qualités attribuées aux ciments aux cendres d'être théoriques ou rattachées surtout à des résultats de laboratoire. Il est connu que les conditions de mise en œuvre et de vieillissement des matériaux au laboratoire et au chantier ne sont jamais absolument identiques⁽²⁾; et, ce qui nous intéresse finalement c'est tout de même les résultats qui correspondent aux travaux exécutés dans les conditions courantes. Malheureusement, les chantiers sont rarement dotés de moyens d'observation scientifique et de mesure — en tout cas leurs constatations ne sont pas souvent publiées — et il ne semble pas, jusqu'à présent, que les stations d'essais du Bâtiment se soient occupées d'expériences systématiques de longue durée sur les comportements comparés de bétons exécutés avec différentes catégories de liants ou d'agréats, soumis à des conditions d'exposition variées : intempéries, eau de mer, atmosphère des régions industrielles, etc... Ces essais, qui donneraient des indications précieuses, vaudraient la peine d'être entrepris.

Après les ciments pouzzolano-métallurgiques Fouilloux et les ciments portland à 20 % de cendres, il n'est pas impossible que — dans l'avenir — d'autres liants hydrauliques exploitent le pouvoir pouzzolanique des cendres avec des variantes sur les dosages, la finesse de broyage, les additions complémentaires. Je pense en particulier à des ciments à 35 % de cendres. Des études sont actuellement en cours à ce sujet. Et peut-être arrivera-t-on à tirer parti des propriétés particulières des mélanges de portland et de cendres, mieux qu'en les acceptant en remplacement du C.P.A.

L'idée d'utiliser des germes de ciments hydratés pour accélérer le durcissement des ciments aux cendres, en particulier des ciments à haute teneur en cendres, a été émise par M. l'Ingénieur Général Duriez; cette idée paraît intéressante, mais il est trop tôt pour pouvoir être fixé sur son domaine d'application.

REMARQUES ET CONCLUSION

J'espère que cet exposé n'a pas été trop aride. Bien des indications qu'il contient auraient peut-être choqué si elles avaient été données il y a trois ou quatre ans. Le Bâtiment possède des traditions consacrées par l'épreuve du temps, auxquelles on n'aime pas beaucoup toucher à cause des risques que cela comporte; aussi les nouveautés n'y sont accueillies qu'avec méfiance et doivent subir des stages probatoires; cette prudence est la meilleure garantie du succès, lorsque son barrage est franchi.

Progressivement, grâce aux expériences réussies, les cendres volantes ont commencé à être admises comme ne représentant pas un déchet définitivement inutilisable. Bien qu'elles aient bénéficié de circonstances favorables, cette situation n'est pas l'effet du pur hasard. Il n'est pas absurde de penser qu'une fois connu l'inventaire des caractéristiques d'un matériau, on doive, quand on s'en donne la peine, arriver à trouver des domaines dans lesquels ces caractéristiques sont exploitables. Mais la persévérance, qui conduit jusqu'à leur achèvement les travaux de laboratoire, est nécessaire, ainsi que celle que requiert l'exploitation pratique de résultats qui heurtent les habitudes. Combien précieux et rare est l'engagement total d'un ingénieur sur les conclusions d'une étude technique sérieuse, l'acceptation entière de la responsabilité d'entreprendre, sans approbation d'une Commission malgré les risques de railleries, et de poursuivre jusqu'au bout, la mise en application industrielle et le lancement de fabrications absolument nouvelles sur le marché.

Je voudrais rappeler ici que les résultats remarquables obtenus à ce jour en France pour les utilisations des cendres volantes, constituent l'aboutissement de très nombreux efforts convergents : d'abord, de documentation et d'exemples de l'étranger — mais en matière de ciment aux cendres, nous sommes aujourd'hui en avance sur lui — puis de recherches et d'expériences conduites dans des laboratoires français publics et privés, dont les dirigeants et le personnel méritent que l'on reconnaisse leur contribution. Les membres des organismes administratifs, qui ont fait confiance aux démonstrations des techniciens et ont appuyé ceux-ci, doivent eux-mêmes être félicités. Les entreprises, qui ont accepté avec bonne volonté de faire les premières applications, ont été d'un grand secours; mais en première ligne, il faut — en toute impartialité — citer le jugement, le courage et le dynamisme du Président de la Loisine qui a, en France et dans le monde, vraiment ouvert le chemin de l'utilisation industrielle des cendres dans les ciments.

L'exploitation des propriétés chimiques des cendres volantes en addition au clinker de portland, restera probablement leur mode d'utilisation le plus noble; mais il ne saurait absorber la totalité des tonnages disponibles et j'ai bon espoir que, leurs propriétés physiques étant mieux connues, des

⁽¹⁾ Graphique norme italienne. En abscisses, on porte l'alcalinité de la solution exprimée en millimolécules par litre; en ordonnées, la teneur en chaux. En gros trait, est figurée la courbe de saturation en chaux de la liqueur. Les points au-dessus de cette courbe correspondent à des solutions sursaturées. Les clinckers purs donnent toujours des points au-dessus de la courbe. Les points situés au-dessous, représentent des teneurs inférieures à la saturation; ils correspondent à des liants qui contiennent des éléments susceptibles de fixer la chaux donc pouzzolaniques.

⁽²⁾ Il arrive aussi bien souvent que la pratique des chantiers néglige délibérément les recommandations auxquelles ont conclu des essais scientifiquement menés (choix des agréats, dosage de l'eau, temps de malaxage, protection des surfaces).

quantités croissantes de cendres vont aussi être employées, en association avec les sables, les graviers et les liants hydro-carbonés, dans les Travaux de route et les usines de béton manufacturé. Les conclusions du colloque du Laboratoire des Ponts et Chaussées, les résultats d'une expérience de plusieurs mois de l'usine Camus de Fort de Scarpe, sont garants de ces perspectives favorables.

Addition, substitution, association, ces mots marquent la vocation des cendres volantes à intervenir en mélange. Qu'elles agissent sous forme de liant, d'agrégat ou de filler, elles ont le caractère d'un matériau de complément, dont on peut disposer pour améliorer, corriger ou remplacer économiquement, dans des proportions variables, des éléments traditionnels.

Une vaste évolution touchant les méthodes et les matériaux est entamée dans les industries de la Construction, et il semble raisonnable de penser que les cendres volantes y trouveront leur place — et d'abord dans le voisinage des centrales électriques, où les avantages supplémentaires procurés par une ressource locale justifient tout spécialement quelques efforts d'adaptation.

Les utilisations des cendres volantes ne se réfèrent pas à de hautes considérations scientifiques; elles correspondent à quelque chose de beaucoup plus terre à terre, à quelque chose de pratique; mais n'est-ce pas au niveau des manipulations sur le tas, que s'accomplissent les seules opérations capables de procurer un véritable enrichissement, par économie de matières, de gestes et d'énergie, ou par amélioration de la qualité de la production?

ANNEXE I

IDENTITÉ DU COMPORTEMENT DE CENDRES VOLANTES D'ORIGINES VOISINES AVEC DIVERS CLINKERS

Dans le cadre des essais sur les cendres volantes, on a entrepris de suivre le comportement de différents clinkers avec une même cendre et, parallèlement, le comportement de différentes cendres avec un même clinker.

Les tableaux et courbes ci-joints rendent compte des résultats obtenus en compression et en flexion pour des mortiers préparés soit avec des clinkers purs (essai de référence), soit avec des liants comportant 20 % de cendres.

Dans toutes les préparations, on a utilisé des clinkers broyés à Vendin et des cendres d'une finesse de 4 000 cm²/g environ. Voici les surfaces spécifiques Blaine exactes :

Clinker	C	4 000
«	A	4 080
«	D	3 960
«	E	4 110
«	F	4 030
Cendre	Chocques	4 150
«	Labuissière	4 020
«	Harnes	3 960
«	Violaines	4 060

Le mortier est préparé selon la formule Cembureau-Rilem résumée ci-après :

— Mortier 1/3 avec un mélange de sables de Leucate et de Fontainebleau (1 350 g) et liant (450 g) — le liant est donc, selon le cas : 450 g de clinker pur ou un mélange de 360 g de clinker et 90 g de cendres — 225 g d'eau suivant le rapport invariable e/c 0,5.

— Malaxage mécanique de deux minutes avec le batteur-mélangeur Bouvard.

— On confectionne avec une gâchée trois éprouvettes prismatiques 4 × 4 × 16 cm. Mise en place au pilon suisse. Toutes les préparations concernant un liant sont effectuées le même jour. Les séries d'éprouvettes pour chaque échéance sont constituées en ne prenant pour chaque série qu'une éprouvette par gâchée.

— La conservation a lieu dans l'eau potable à 20° C remplacée chaque semaine.

— L'essai de flexion est effectué avec charge centrale sur une portée de 10 cm avec rouleaux articulés.

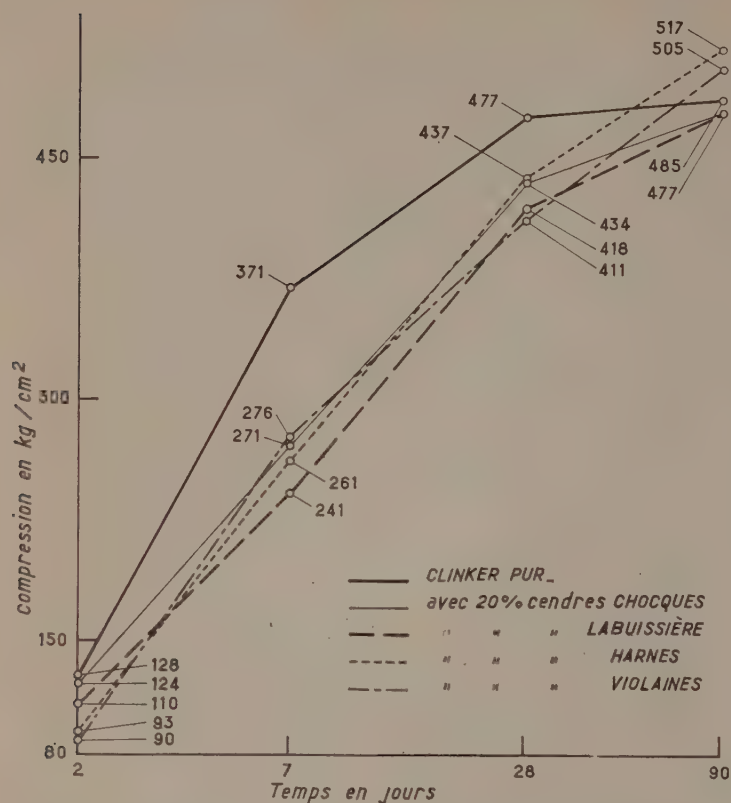


FIG. 9. — Clinker A, 4 080 blaines, résistance à la compression.

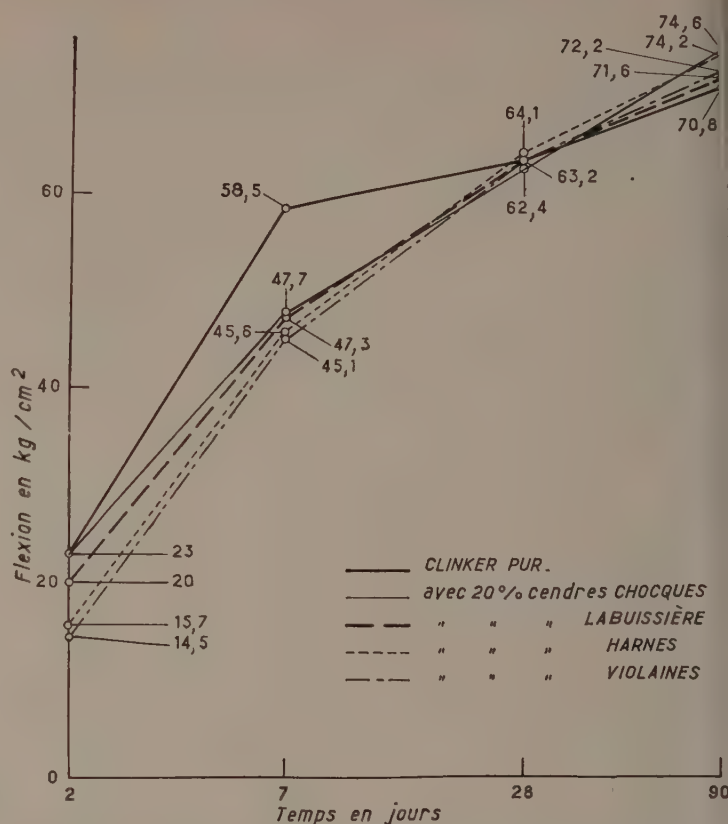


FIG. 10. — Clinker A, 4 080 blaines, résistance à la flexion.

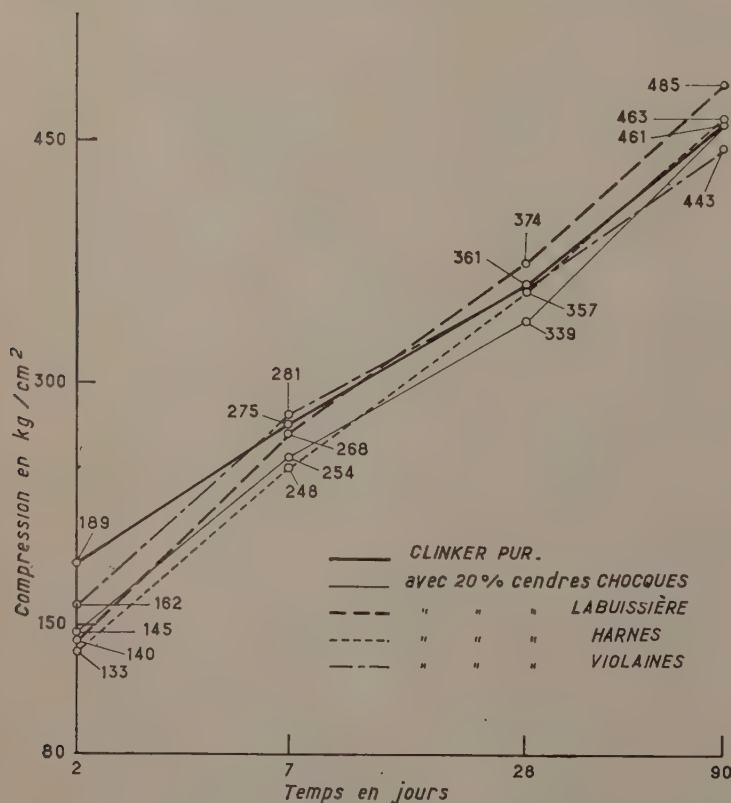


FIG. 11. — Clinker C, 4 000 blaines, résistance à la compression.

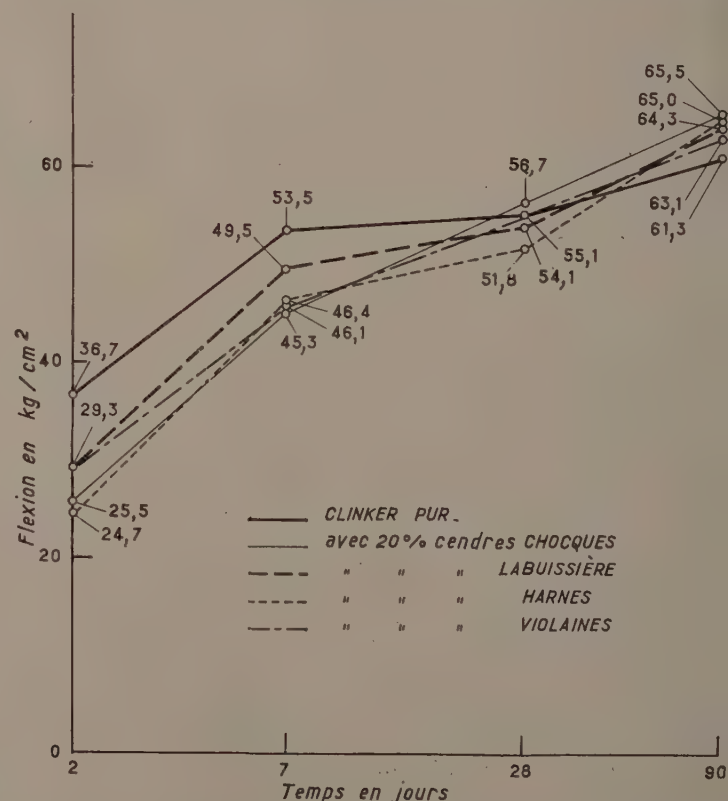


FIG. 12. — Clinker C, 4 000 blaines, résistance à la flexion.

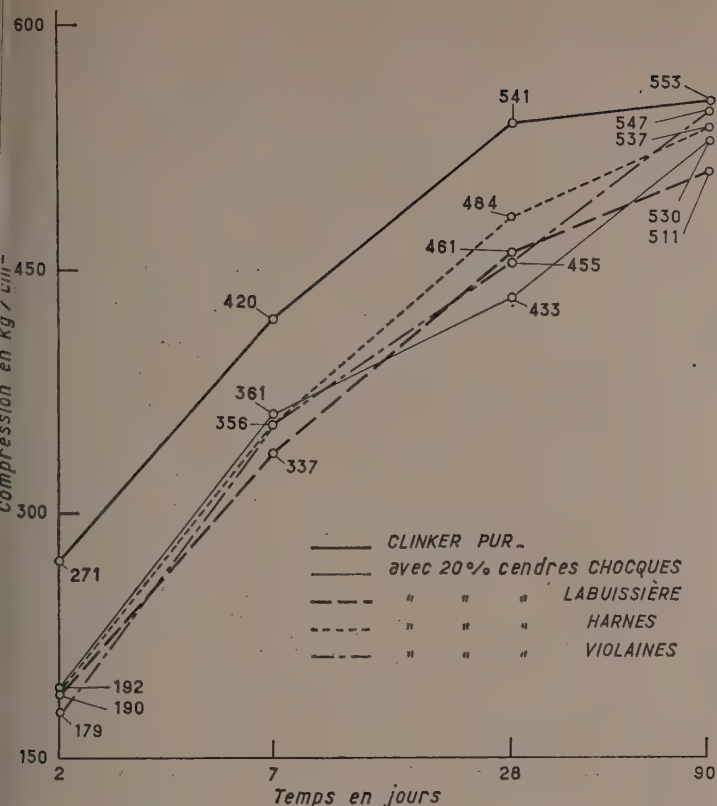


FIG. 13. — Clinker D, 3 960 blaines, résistance à la compression.

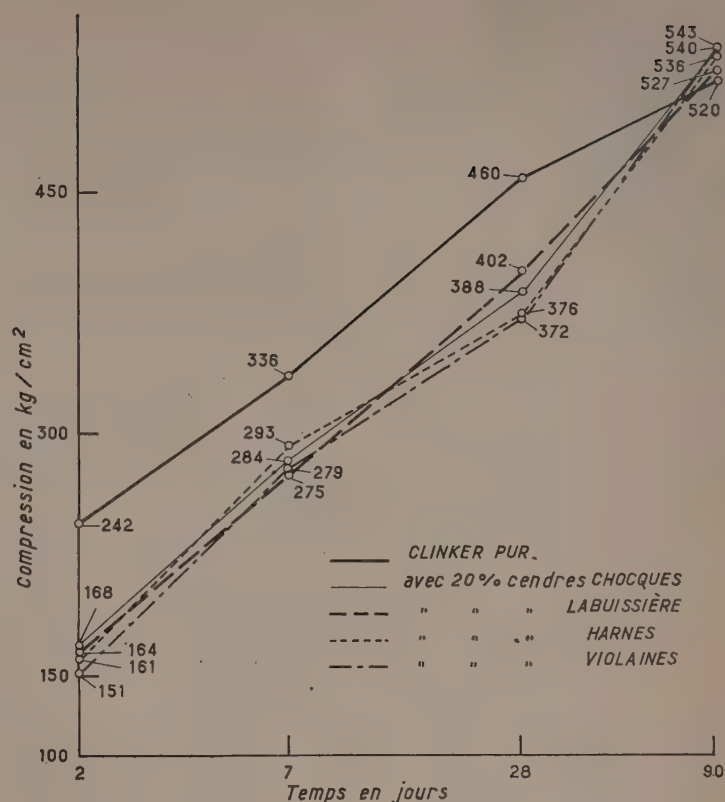


FIG. 14. — Clinker E, 4 110 blaines, résistance à la compression.

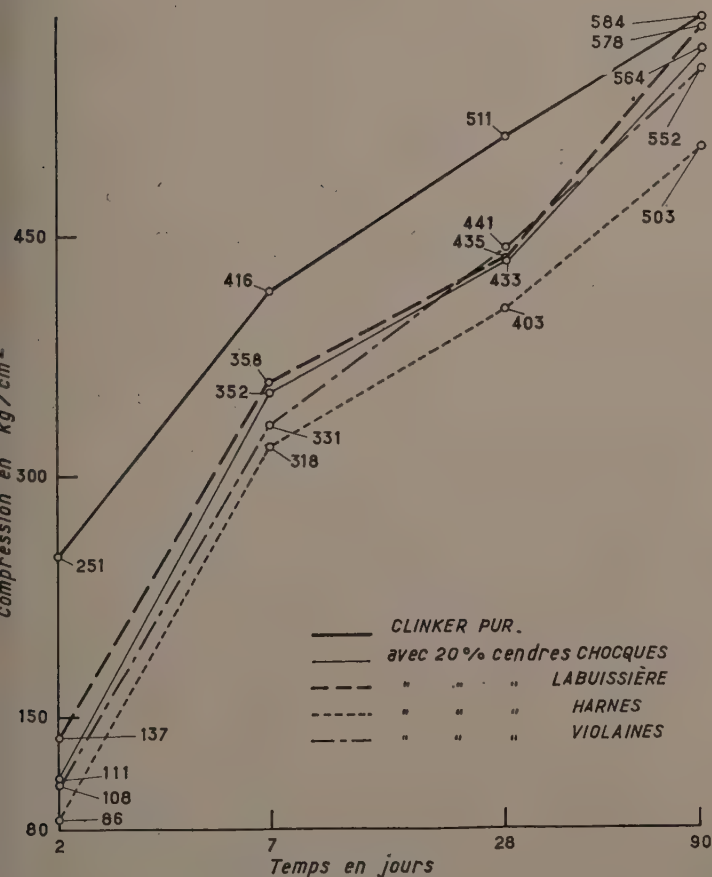


FIG. 15. — Clinker F, 4 030 blaines, résistance à la compression.

— L'essai de compression est fait sur les demi-prismes rompus sur une section de 4×4 cm.

— Cette série d'essais a nécessité la confection de 600 éprouvettes.

— Les résultats indiqués sont des moyennes arithmétiques. Nous donnons ci-après les dispersions enregistrées entre les résultats extrêmes⁽¹⁾ :

Écarts relatifs % des résultats en flexion

Désignations	— C —	— A —	— D —	— E —	— F —
2 jours	11,8	12,4	6,6	6,4	6,7
7 jours	13	12,5	8,7	9	4,1
28 jours	7,6	9,8	5,4	7,4	6,8
90 jours	11,4	6	7,6	6,3	—
Moyenne :	10,9	10,2	7,1	7,2	—

Écarts relatifs % des résultats en compression

	— C —	— A —	— D —	— E —	— F —
2 jours	15,6	12	10,5	9,2	8,4
7 jours	17	15,2	9,8	14,2	13,1
28 jours	17	12,8	10,2	14,2	11
90 jours	18,5	9,6	8,2	10,9	—
Moyenne :	17	12,4	9,7	12,1	—

(¹) Quelques essais ont donné des dispersions supérieures à 20 %, mais, comme ils faisaient partie d'un ensemble, on n'a pas pu les recommencer ; d'ailleurs la grande majorité des résultats correspond à une dispersion très correcte.

Résultats d'analyses chimiques

Désignations	Clinkers					Cendres volantes			
	— C —	— A —	— D —	— E —	— F —	Chocques	Labuissière	Harnes	Violaines
SiO ²	20,2	21,2	20,4	21	20,5	50	47,7	50,7	49,65
Fe ² O ³	2,4	3,5	3,4	3	2,5	7,5	6,9	8,8	7,55
Al ² O ³	6,15	9,5	6,7	8,2	7,3	31,6	33,4	26,6	34,15
CaO	67,6	63,1	66,9	64,4	66,3	2,3	3,3	2,7	2,75
MgO	0,85	1	1,2	1,2	0,9	1,7	2,2	2,2	1,55
SO ³	traces	0,2	traces	traces	0,3	—	0,6	—	0,10
Alcalis	—	—	—	—	—	6,35	4,1	4,5	2,35
Perte au feu	2,7	1,4	1,2	1,8	2	0,55	1	4,5	1,90
Non dosés	0,1	0,1	0,2	0,4	0,2	—	0,8	—	—
	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Clinker — C —

Résistance à la flexion en kg/cm²

Désignations	2 jours		Moyenne	Écart relatif %	7 jours		Moyenne	Écart relatif %	28 jours		Moyenne	Écart relatif %	90 jours		Moyenne	Écart relatif %
Pur	34,7 — 35,8 — 39,6		37,7	12,4	50 — 54,9 — 55,7		53,5	10,2	46,5 — 53,7 — 56,4		55,1	4,8	58,5 — 60 — 65,4		61,3	13,8
Chocques	24,3 — 25 — 27,1		25,5	10,3	41,6 — 45,5 — 48,8		45,3	14,7	54,9 — 57 — 58,2		56,7	5,7	64,5 — 64,8 — 67,2		65,5	4
Labuissière	28,2 — 29 — 30,8		29,3	8,4	47,2 — 49,7 — 51,5		49,5	8,4	52,5 — 52,8 — 57		54,1	7,9	56,5 — 67,5 — 69		64,3	17,4
Harnes	23 — 24,5 — 26,5		24,7	13,2	41,2 — 46,9 — 51,2		46,4	19,5	46,8 — 52,2 — 56,4		51,8	17	63,3 — 64,8 — 66,9		65	9,9
Violaines	27,5 — 27,6 — 32,2		29,1	14,6	44 — 44,2 — 50,1		46,1	12,1	52,8 — 55,5 — 58		55,4	9	58,8 — 63,9 — 66,6		63,1	11,7

Résistance à la compression en kg/cm²

Désignations	2 jours		Moyenne	Écart relatif %	7 jours		Moyenne	Écart relatif %	28 jours		Moyenne	Écart relatif %	90 jours		Moyenne	Écart relatif %
Pur	145 — 170 — 185		189	27,4	220 — 250 — 273		275	21,6	258 — 338 — 349		361	16,3	395 — 450 — 460		461	25,2
	192 — 200 — 200				276 — 278 — 281				360 — 381 — 404				461 — 484 — 528			
Chocques	138 — 145 — 145		145	11	235 — 242 — 252		254	14,5	315 — 318 — 332		339	21,2	430 — 436 — 457		461	10,4
	145 — 152 — 155				255 — 264 — 275				346 — 390 — 400				465 — 476 — 480			
Labuissière	125 — 129 — 133		140	16,1	242 — 244 — 262		268	12,9	325 — 363 — 365		374	19,9	423 — 463 — 482		485	20,3
	147 — 148 — 149				274 — 276 — 278				383 — 401 — 406				488 — 524 — 531			
Harnes	118 — 128 — 132		133	14,5	232 — 244 — 248		248	18	320 — 346 — 354		357	16,9	406 — 448 — 453		463	16,1
	133 — 133 — 138				248 — 259 — 283				359 — 380 — 385				473 — 479 — 484			
Violaines	156 — 159 — 160		162	9,3	254 — 266 — 269		281	18,1	263 — 295 — 336		359	20,4	391 — 420 — 424		443	20,5
	164 — 169 — 172				293 — 293 — 310				359 — 369 — 371				461 — 465 — 492			

Clinker — A —

Résistance à la flexion en kg/cm²

Désignations	2 jours			Moyenne	Écart relatif %	7 jours			Moyenne	Écart relatif %	28 jours			Moyenne	Écart relatif %	90 jours			Moyenne	Écart relatif %
Pur	20	— 24	— 24,7	23	19	50	— 60,2	— 65,2	58,5	23,3	55,5	— 65,7	— 68,3	63,2	18,7	49,8	— 67,5	— 74,1	70,8	8,9
Chocques	21,4	— 22,3	— 24,7	22,8	13,3	45	— 48,8	— 49,3	47,7	8,7	59,4	— 62,7	— 65,1	62,4	8,7	72	— 74,7	— 77,1	74,6	7,9
Labuissière	19,4	— 19,5	— 21,1	20	7,9	45	— 47	— 50	47,3	10	61,2	— 63	— 65,7	63,3	6,8	71,1	— 71,4	— 72,3	71,6	1,7
Harnes	15	— 15,5	— 16,5	15,7	9,1	41,5	— 45,8	— 49,5	45,6	16,2	60,8	— 65	— 66,6	64,1	8,7	71,1	— 73,2	— 78,3	74,2	9,2
Violaines	13,6	— 14,4	— 15,6	14,5	12,8	44,3	— 44,8	— 46,3	45,1	4,3	61,5	— 61,8	— 65,7	63	6,4	71,1	— 72,6	— 72,8	72,2	2,3

Résistance à la compression en kg/cm²

Pur	126 — 127 — 127 129 — 131 — 133	128	5,3	313 — 315 — 369 373 — 391 — 400	371	21,7	380 — 395 — 461 492 — 500 — 510	477	25,4	328 — 412 — 478 484 — 494 — 496	485	16,9
Chocques	109 — 109 — 123 125 — 131 — 131	124	16,8	250 — 258 — 264 277 — 285 — 300	271	16,6	426 — 428 — 432 436 — 451 — 459	434	7,2	452 — 463 — 473 478 — 490 — 494	476	8,5
Labuissière	102 — 108 — 109 110 — 113 — 114	110	10,5	227 — 230 — 237 245 — 259 — 266	241	14,6	400 — 406 — 414 422 — 434 — 457	418	12,5	450 — 453 — 476 477 — 504 — 508	477	11,4
Harnes	82 — 93 — 93 93 — 94 — 95	93	13,7	234 — 258 — 259 262 — 272 — 277	261	15,5	402 — 424 — 436 438 — 440 — 449	437	10,5	504 — 508 — 514 520 — 528 — 531	517	5,2
Violaines	82 — 84 — 88 91 — 94 — 95	90	13,7	262 — 274 — 276 276 — 284 — 284	276	7,7	375 — 403 — 408 414 — 434 — 442	411	8,5	484 — 496 — 500 510 — 514 — 516	505	6,2

Clinker — D —

Résistance à la flexion en kg/cm²

Désignations	2 jours			Moyenne	Écart relatif %	7 jours			Moyenne	Écart relatif %	28 jours			Moyenne	Écart relatif %	90 jours			Moyenne	Écart relatif %
Pur	41,6	— 42,5	— 47,8	43,9	13	66,6	— 69	— 71	68,8	6,2	69,8	— 69,8	— 72,9	70,8	4,2	68	— 72,9	— 76,8	72,6	11,4
Chocques	32,1	— 33,7	— 36,6	34,1	12,3	54,6	— 55	— 62,6	57,4	12,8	60,4	— 60,6	— 61,5	60,8	1,8	70,2	— 74,7	— 75,8	73,6	7,4
Labuissière	34,2	— 34,7	— 35,8	34,9	4,5	53,9	— 53,9	— 58,7	55,5	8,2	64,8	— 66,6	— 69,3	66,9	6,5	66	— 68,7	— 69,9	68,2	5,6
Harnes	31	— 31,1	— 31,3	31,2	1	54,8	— 56,1	— 60,1	57	8,8	67,2	— 70,5	— 71	69,5	5,4	72,9	— 73,5	— 75,3	73,7	3,2
Violaines	30,8	— 31,3	— 31,5	31,2	2,2	54,2	— 58	— 58,6	56,9	7,5	66	— 69,6	— 72,8	69,5	9,3	68,7	— 71,5	— 76,8	72,4	10,5

Résistance à la compression en kg/cm²

Pur	258 — 262 — 268 274 — 278 — 279	271	11,1	368 — 400 — 416 424 — 432 — 438	420	16	520 — 535 — 535 547 — 550 — 570	541	8,8	505 — 527 — 547 559 — 563 — 574	553	12
Chocques	180 — 182 — 188 196 — 196 — 197	192	8,6	342 — 346 — 359 363 — 369 — 373	361	8,3	410 — 414 — 426 440 — 480 — 484	433	15,3	498 — 528 — 528 531 — 535 — 545	530	8,6
Labuissière	164 — 186 — 190 190 — 198 — 202	190	18,8	328 — 330 — 334 340 — 344 — 348	337	5,7	445 — 449 — 457 465 — 470 — 473	461	5,9	504 — 510 — 510 512 — 520 — 524	511	3,8
Harnes	186 — 186 — 192 192 — 194 — 199	192	6,5	330 — 344 — 352 359 — 359 — 360	356	8,3	461 — 463 — 480 488 — 493 — 500	484	7,8	516 — 524 — 531 542 — 559 — 563	537	8,3
Violaines	172 — 173 — 178 179 — 180 — 186	179	7,5	332 — 348 — 355 359 — 371 — 373	357	11	406 — 442 — 455 455 — 465 — 469	455	13,4	528 — 537 — 547 547 — 562 — 578	547	8,6

Clinker — E —

Résistance à la flexion en kg/cm²

Désignations	2 jours	Moyenne	Écart relatif %	7 jours	Moyenne	Écart relatif %	28 jours	Moyenne	Écart relatif %	90 jours	Moyenne	Écart relatif %
Pur	42 — 42,5 — 44,3	42,9	5,2	52,8 — 54,7 — 63,7	57,1	17,1	67,5 — 71,4 — 72,8	70,6	7,3	74,6 — 74,6 — 81	76,7	7,9
Chocques	27,3 — 29,3 — 29,4	28,7	7,1	44 — 48,7 — 50,3	47,7	12,5	60 — 63,3 — 66,9	63,4	10,3	71,3 — 73,8 — 77,7	74,3	8,2
Labuissière	28,3 — 29 — 29,7	29	4,7	47 — 48,2 — 49,2	48,1	4,5	60 — 62 — 64,4	62,1	6,8	73,2 — 73,5 — 75,6	74,1	3,2
Harnes	28 — 28 — 30	28,7	6,7	48,8 — 50,2 — 50,6	49,9	3,6	58,5 — 60,6 — 64,8	61,3	9,7	75,9 — 76,5 — 78,8	77,1	3,7
Violaines	26,6 — 28 — 29	27,9	8,3	46,4 — 48,7 — 49,9	48,3	7	60,8 — 62,4 — 62,7	62	3,1	68,6 — 72,6 — 75	72,1	8,4

Résistance à la compression en kg/cm²

Pur	235 — 238 — 240 244 — 246 — 246	242	3,6	328 — 330 — 331 340 — 346 — 355	336	7,6	406 — 442 — 455 465 — 465 — 469	460	13,4	484 — 490 — 512 527 — 559 — 563	520	14
Chocques	157 — 162 — 164 172 — 172 — 180	168	12,8	225 — 278 — 280 287 — 300 — 307	284	26,7	355 — 363 — 385 391 — 398 — 406	388	12,5	524 — 539 — 541 545 — 553 — 565	543	7,3
Labuissière	156 — 156 — 160 168 — 170 — 172	164	9,3	268 — 272 — 274 276 — 290 — 293	275	8,5	367 — 374 — 402 402 — 406 — 408	402	10	484 — 516 — 520 533 — 545 — 547	527	11,5
Harnes	154 — 154 — 158 164 — 164 — 166	161	7,2	260 — 284 — 290 295 — 295 — 295	293	11,8	300 — 370 — 375 376 — 380 — 385	376	22	514 — 518 — 533 539 — 543 — 556	536	7,5
Violaines	135 — 143 — 149 153 — 154 — 156	151	13,5	268 — 270 — 274 283 — 309 — 320	279	16,3	336 — 368 — 369 374 — 377 — 388	372	13,4	476 — 537 — 539 541 — 549 — 555	540	14,2

Clinker — F —
Résistance à la flexion en kg/cm²

Désignations	2 jours	Moyenne	Écart relatif %	7 jours	Moyenne	Écart relatif %	28 jours	Moyenne	Écart relatif %
Pur	46,2 — 46,5 — 47	46,6	1,7	65,3 — 66,8 — 68,7	66,9	5	70,8 — 78 — 79,5	76,1	9,7
Chocques	18,5 — 19,2 — 19,5	19,1	5,1	55,2 — 55,7 — 56,4	55,8	2,1	67 — 67,2 — 68	67,4	1,5
Labuissière	24,4 — 25,5 — 26	25,3	6,2	53 — 54,3 — 56,3	54,5	5,9	66,6 — 68,7 — 69,1	68,1	3,6
Harnes	12,2 — 12,4 — 14,2	12,9	14,1	51,8 — 52,2 — 52,8	52,3	1,9	58,5 — 62 — 66	62,5	11,4
Violaines	17,7 — 18 — 19	18,2	6,3	51 — 53,8 — 54	52,9	5,6	64,8 — 69,5 — 70,2	68,2	7,7

Résistance à la compression en kg/cm²

Pur	240 — 242 — 246 256 — 256 — 262	251	4,6	336 — 368 — 406 416 — 434 — 453	416	18,8	490 — 500 — 504 518 — 555 — 569	511	13,9
Chocques	106 — 107 — 109 112 — 113 — 115	111	7,8	340 — 346 — 348 355 — 380 — 388	352	12,4	425 — 430 — 432 434 — 453 — 460	433	7,6
Labuissière	129 — 131 — 136 138 — 138 — 142	137	9,2	340 — 351 — 352 364 — 373 — 377	358	9,8	391 — 400 — 434 436 — 440 — 451	435	13,3
Harnes	78 — 84 — 86 86 — 88 — 88	86	11,4	274 — 305 — 315 320 — 326 — 328	318	16,5	391 — 394 — 402 404 — 410 — 428	403	8,6
Violaines	103 — 107 — 107 109 — 111 — 113	108	8,8	321 — 323 — 325 336 — 359 — 360	331	8	414 — 438 — 438 444 — 458 — 469	441	11,7

Analyses des différents clinkers employés dans l'Essai Italien

Désignations	Analyses chimiques								Composants				
	SiO ²	Al ² O ³	Fe ² O ³	CaO	MgO	SO ³	Perte au feu	Alcalis par différence	C ³ S	C ² S	C ³ A	C ⁴ AF	Total
Clinker B	19,60	7,40	3,80	66,70	1,30	Traces	0,90	0,30	67,38	5,37	13,18	11,56	97,50
Clinker A	21,20	9,50	3,50	63,10	1,00	0,20	1,40	0,10	26,87	40,51	19,25	10,65	97,28

Désignations	Analyses des cendres							
	SiO ²	Al ² O ³	Fe ² O ³	CaO	MgO	SO ³	Carbone	Alcalis par différence
Cendres de Harnes (avril 1958)	50,70	26,60	8,80	2,70	2,20	traces	4,50	4,50
Cendres de Chocques (février 1958)	50,00	31,60	7,50	2,30	1,70	traces	0,55	6,35
Cendres de Violaines (mars 1957)	49,65	34,15	7,55	2,75	1,55	0,10	0,80	3,45

Formules de Bogue donnant les composants :

$$\begin{aligned}
 C^3S &= 4,0710 \times CaO - 7,6024 - SiO^2 - \\
 &\quad - 1,429 \times Fe^2O^3 - 6,7187 \times Al^2O^3 \\
 C^2S &= 2,8675 \times SiO^2 - 0,7544 \times C^3S \\
 C^3A &= 2,6504 \times Al^2O^3 - 1,6920 \times Fe^2O^3 \\
 C^4AF &= 3,0432 \times Fe^2O^3
 \end{aligned}$$

ANNEXE II

VÉRIFICATION DE L'EFFET POZZOLANIQUE
NOUVELLE NORME ITALIENNE

Aux réunions du 1^{er} octobre 1958 à Bruxelles relatives à la normalisation internationale des ciments, les délégués Italiens ont indiqué qu'ils n'avaient pas absolument confiance dans le soi-disant pouvoir pouzzolanique des cendres. Informés que les cendres volantes remplissaient des conditions tout à fait démonstratives de leur pouvoir pouzzolanique, ils ont déclaré qu'ils ne reconnaissaient qu'une seule épreuve sûre : celle qui correspondait à l'application de leur nouvelle norme.

Il était intéressant de faire l'expérience du comportement des ciments aux cendres suivant la norme italienne. Celle-ci a donc été appliquée :

— à des mélanges portland-cendres 90-10, 80-20, 70-30, 60-40, 50-50, 40-60, etc.

— et des mélanges chaux-cendres (dans les mêmes proportions),

— et avec diverses finesses.

Les trois graphiques ci-après représentent les résultats obtenus suivant diverses variantes.

Les essais ont permis de faire les remarques suivantes :

— Le pouvoir pouzzolanique des cendres est entièrement confirmé par cette épreuve (tous les mélanges cendres-ciments ou cendres-chaux donnent des points en-dessous de la courbe).

— Dans tous les cas, l'augmentation de la proportion de cendres fait apparaître :

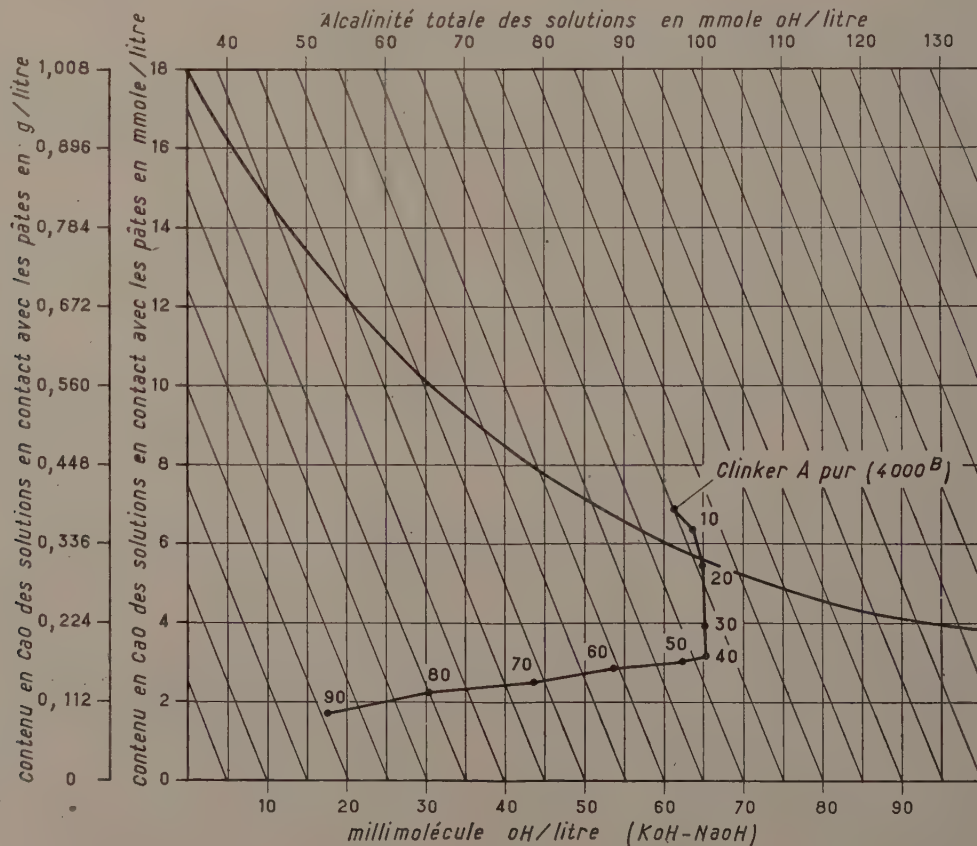
— une diminution de la chaux dissoute (donc de la chaux libre),

— une augmentation des alcalis pour des mélanges contenant moins de 40 % de cendres environ, et au-dessus une diminution.

La courbe, réunissant les points représentatifs correspondant aux divers dosages de cendres et de clinkers, ou de cendres et de chaux, présente donc un coude aux environs de 35-40 % de cendres ; avec des clinkers différents, la forme de la courbe reste analogue (1) ; avec de la chaux, le coude est extrêmement aigu.

De façon générale, la courbe est plus ventrue quand la finesse du mélange augmente : la courbe correspondant à une cendre plus fine enveloppe celle qui est obtenue avec une cendre plus grossière.

FIG. 16. — Méthode italienne de vérification du pouvoir pouzzolanique de constituants secondaires du ciment. Clinker A et cendres de Chocques (4 000 B).



(1) Dans le cas d'un clinker, on a obtenu avec 10 % de cendres un point au-dessus de la courbe de saturation.

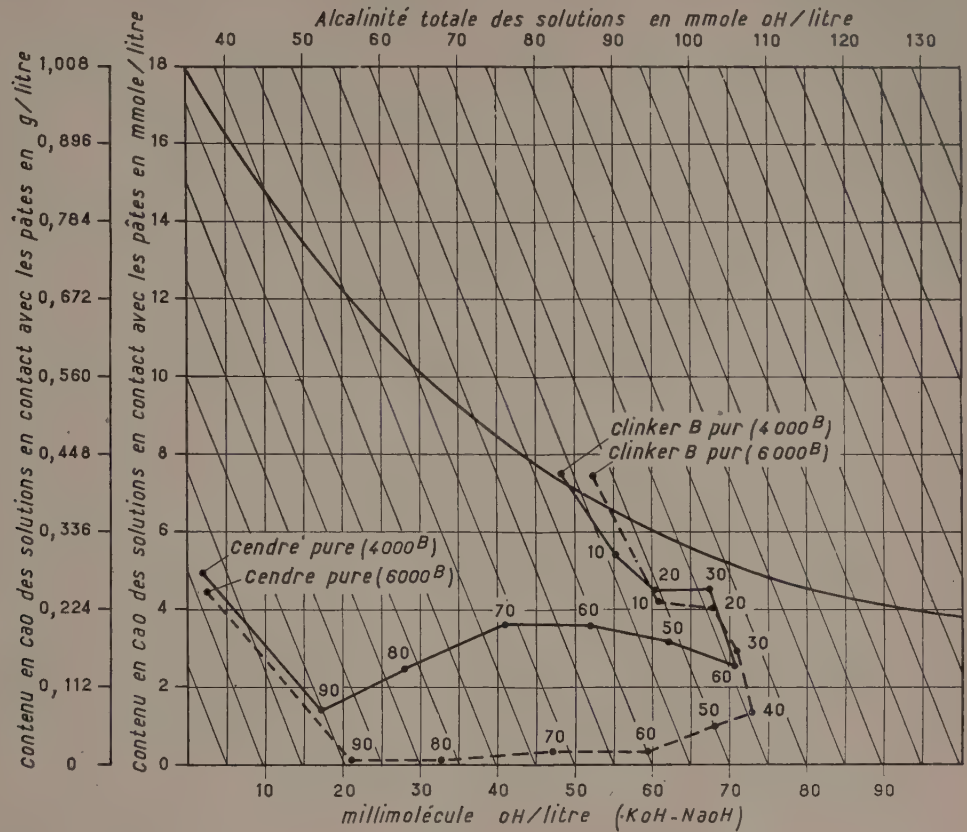


FIG. 17. — Méthode italienne de vérification du pouvoir pouzzolanique de constituants secondaires du ciment.
Clinker B et cendres de Harnes
(4 000 B et 6 000 B).

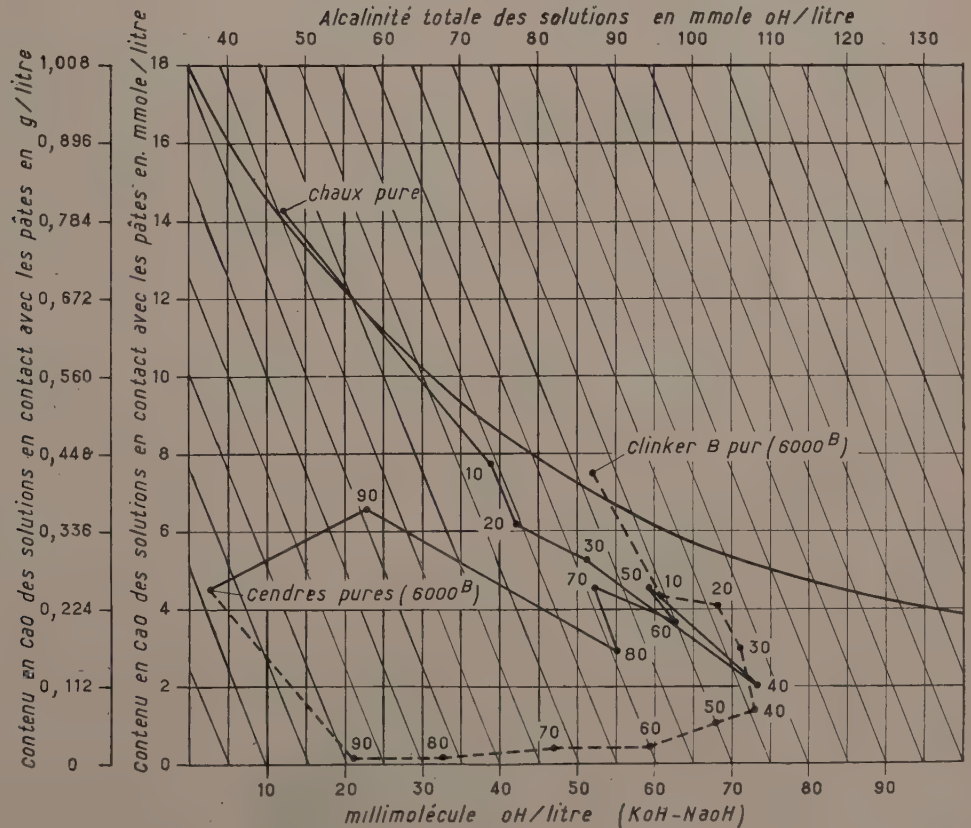


FIG. 18. — Méthode italienne de vérification du pouvoir pouzzolanique de constituants secondaires du ciment.
Mélange de cendres de Harnes
broyées à 6 000 B,
avec 1° Clinker B 6 000 B. —
2° Chaux pure 6 000 B. - - - -

DISCUSSION

M. LE PRÉSIDENT. — Je pense que vous serez d'accord avec moi pour remercier et féliciter M. Jarrige de son remarquable exposé. Le sujet qu'il a traité est beaucoup trop vaste pour être épuisé dans une seule conférence. Mais M. Jarrige a eu le mérite de broser un tableau d'ensemble et de soumettre à nos méditations de très nombreuses idées. Comme je le disais au début, il ne faut négliger aucun des emplois possibles, car les tonnages disponibles sont beaucoup trop importants pour qu'une seule industrie puisse les absorber.

Avant d'ouvrir la discussion, je voudrais insister sur deux points particuliers concernant les ciments à 20 % de cendres.

1° M. Jarrige nous a dit que le broyage des cendres augmentait et accélérât leur pouvoir pouzzolanique. Pour les cendres brutes, celui-ci apparaît entre 28 et 90 jours; pour les cendres broyées, il est déjà très apparent avant 28 jours. Je dois ajouter que c'est en France que ce phénomène a été mis en évidence, et nous avons eu l'occasion d'en parler au dernier congrès des Grands Barrages. Depuis plusieurs années M. Fouilloux a eu le grand mérite d'utiliser industriellement cette propriété. Le phénomène a été complètement étudié au cours d'une série d'essais effectués sous la direction de M. Lafuma avec le concours des Charbonnages de France et d'Électricité de France.

2° Vis-à-vis du ciment à 20 % de cendres, que l'on trouve actuellement couramment sur le marché et qui est en instance de normalisation par l'AFNOR, les utilisateurs pourraient éventuellement lui reprocher une légère paresse initiale, puisque, jusqu'à sept jours au moins, tout se passe comme si on avait affaire à du ciment amaigri — bien que, après 90 jours, les résistances atteignent et dépassent celles du ciment pur.

Son emploi présente-t-il vraiment des inconvénients pour les décoffrages rapides? Personnellement je ne le pense pas, car j'ai peine à croire que les usagers effectuent les décoffrages dans des conditions tellement « limites » qu'ils en soient à 20 % près. Les dispersions naturelles, les effets de la température, pour quelques degrés seulement, sont d'un autre ordre de grandeur.

Je serais heureux de recueillir à ce sujet l'opinion des spécialistes, en souhaitant que cette opinion soit fondée sur une expérience réelle. Il me semble que les organismes qui s'intéressent aux accidents de chantier devraient étudier soigneusement ce point et dire si les accidents de décoffrage sont plus nombreux lorsque les normes du ciment à deux jours sont légèrement abaissées, toutes choses étant égales par ailleurs.

M. le président. — Je voudrais dire un mot complémentaire en ce qui concerne les deux emplois des cendres volantes dont a parlé M. Jarrige, soit directement, par incorporation sur le chantier par l'utilisateur lui-même, soit par fabrication de ciment en cimenterie.

Je crois que les deux formules peuvent avoir leur intérêt suivant les cas.

La formule qui consiste à incorporer directement les cendres en bétonnière est la seule pratiquement qui soit utilisée aux Etats-Unis où cet emploi a été généralisé, au point que de grands barrages ont été faits avec des proportions de cendres volantes importantes.

Comme M. Jarrige le rappelait tout à l'heure, cette expérience a été répétée au barrage de Saint-Hilaire. On n'utilise pas, dans ce cas, la totalité du pouvoir pouzzolanique des cendres puisqu'on ne les broie pas, on est amené à les employer telles quelles. Mais il n'est pas impossible que, sur le plan économique, quand on est proche d'une source de cendres, la solution ne soit tout de même meilleure.

Par conséquent, il n'est pas exclu que les deux solutions évoluent en parallèle. Il est certain que l'introduction dans la bétonnière intéressera davantage les gros chantiers qui sont équipés, que les utilisateurs modestes; ceux-ci préfèrent recevoir un seul liant plutôt que deux et craindraient de faire des erreurs de dosage.

La réponse à cette question est de la plus haute importance car une réponse favorable permettrait de supprimer pratiquement le ciment pur, ce qui éviterait en particulier aux cimentiers d'augmenter inutilement leurs moyens de stockage, et permettrait d'obtenir l'adhésion sans réserve du public.

M. GAUTHIER. — M. Jarrige a parlé de 24 % de cendres remplaçant le sable, et plus loin, à propos des mortiers, d'environ un tiers. Je pense que cela veut dire en poids.

M. JARRIGE. — Oui!

M. GAUTHIER. — Comment, pratiquement, sur un chantier peut-on réellement mesurer le poids des cendres volantes dans des conditions commodes? Elles sont plus ou moins humides, etc... Comment peut-on réaliser cette proportion d'une façon sérieuse avec les cendres volantes telles qu'on nous les livre?

M. JARRIGE. — C'est assez approximatif. Les études déterminent des dosages optimum en poids parce que c'est plus commode et ensuite on les rattache à des proportions en volume. Un certain nombre de brouettes ou de pelles, pratiquement 33 % en poids correspond à peu près à 40 % en volume, mais la densité apparente des cendres est assez variable.

M. GAUTHIER. — Il faudrait faire quelques essais de densité réelle à l'arrivée des matériaux avant de déterminer les dosages par exemple.

M. JARRIGE. — Il faut certainement faire des essais et on ne peut en aucun cas conseiller d'utiliser les cendres les yeux fermés, sans avoir fait quelques essais préalables de résistance, de porosité, de dosages variés.

M. COLLIN. — En ce qui concerne la fabrication du ciment, est-ce que les cendres sont projetées dans le tube cuiseur, ou sont-elles ajoutées au clinker au moment du broyage? Est-ce que l'opération se fait en un seul temps? Ou bien est-ce que les cendres et le clinker se rencontrent après broyage?

M. JARRIGE. — J'ai indiqué qu'il y avait deux formules, celle qui est une utilisation assez grossière, consistant à tirer parti des composés chimiques contenus dans les cendres, en les mettant dans la pâte à ciment. J'en ai parlé à l'occasion des caractéristiques chimiques. Mais dans cet emploi on ne fait pas du tout appel aux propriétés pouzzolaniques. C'est uniquement dans l'addition au clinker, soit dans le tube de broyage, soit sur le chantier, que ces propriétés sont exploitées.

JUIN 1959

Douzième Année, N° 138

Série : TRAVAUX PUBLICS (57)

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SÉANCE DU 11 FÉVRIER 1958

sous la présidence de **M. C. BEAU**,
Inspecteur général des Ponts et Chaussées,
Directeur honoraire des Travaux Publics du Ministère de la France d'Outre-Mer

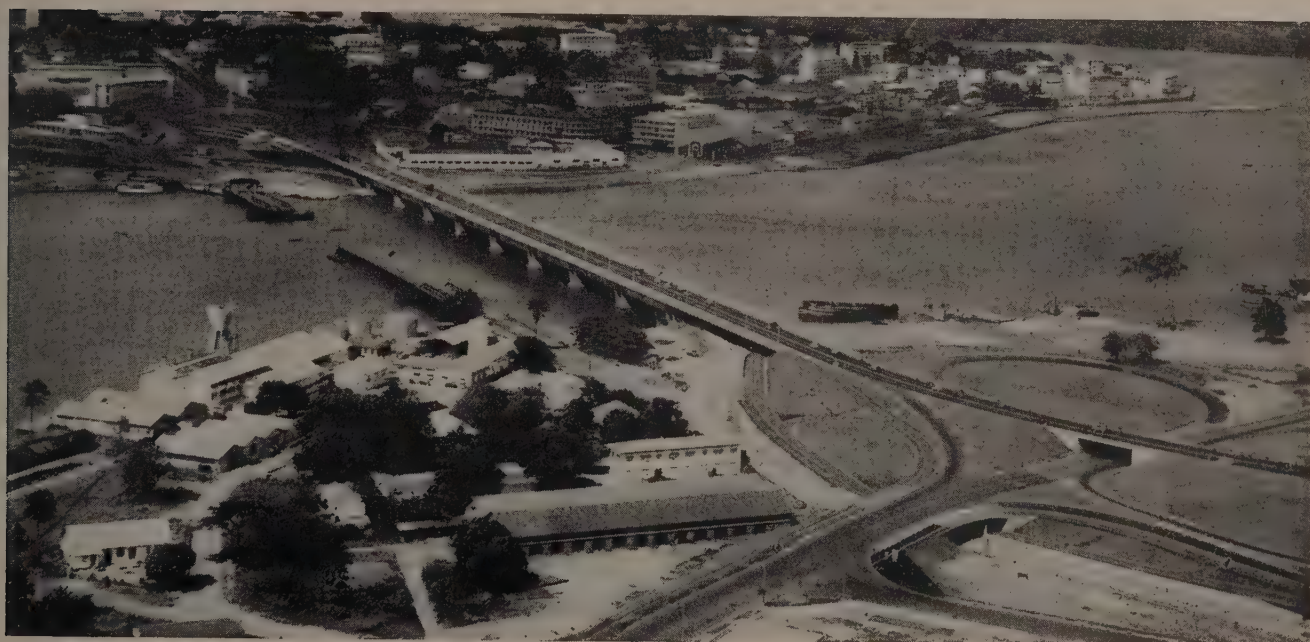


FIG. 1. — Vue aérienne d'ensemble.

LE PONT RAIL-ROUTE D'ABIDJAN

Détails et procédés d'exécution

par **M. J. FRANÇOIS**,
Chef d'études aux Entreprises Boussiron

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE
ASSOCIATION FRANÇAISE DES PONTS ET CHARPENTES
INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

RÉSUMÉ

L'exécution du pont d'Abidjan a été tributaire des conditions locales très particulières. Les études d'exécution ont porté en particulier sur les moyens de mise en œuvre afin d'aboutir aux procédés les mieux adaptés.

Les fondations des culées ont été réalisées par havage à l'air libre de caissons en béton armé et coulage en béton immergé (procédé Fougerolle) d'un bouchon de répartition de 2,50 m d'épaisseur.

Les piles en lagune sont constituées par des caissons en béton armé au travers desquels ont été forés les puits (dont la moitié sont inclinés à 15 % sur la verticale) jusqu'à une profondeur de 70 m avec du matériel Benoto.

L'exécution des piles a été effectuée à partir d'une installation flottante équipée de derricks et reliée de façon rigide aux piles exécutées.

La préfabrication de la quasi totalité des éléments constituant l'ouvrage en lagune, a été réalisée sur la rive au moyen d'installations spécialisées. Elle a porté sur les 16 poutres tubulaires du tablier, précontraintes et réalisées en 8 voussoirs, et également sur certains éléments constitutifs des fûts de pile, les dalles sous passerelles, les bordures de sécurité, les éléments de garde-corps.

Par contre les viaducs d'accès et les ouvrages annexes ont été exécutés sur place sur échafaudages tubulaires ainsi que les coffres latéraux sous pistes du tablier de l'ouvrage principal en lagune.

L'exécution du pont d'Abidjan a nécessité l'emploi de 2 000 t d'acier, 13 000 t de ciment expédiées de France, d'une équipe de 44 Européens et 750 Africains au cours d'un délai total de 32 mois.

SUMMARY

The execution of the Abidjan bridge was governed by very special local conditions. The working design concerned itself in particular with the means used for actual work at the site so as to employ methods the best adapted to the project.

Abutment foundations were executed by rock cutting and placing in the open air reinforced concrete caissons, and casting immersed concrete (Fougerolle process) for a distribution slab 8 ft thick.

Lagoon piers were made up of reinforced concrete caissons through which the shafts were drilled (half of which are inclined 15 % from the vertical) to a depth of 229 ft with Benoto equipment.

Execution of the piers was accomplished from a floating installation equipped with derricks and rigidly connected to the piers executed.

Prefabrication of almost all the elements making up the lagoon structure was executed along the bank by means of specialized installations. Prefab work consisted of the 16 tubular, prestressed girders of the deck executed in 8 voussoirs, as well as of certain components of the pier shafts, slabs under pedestrian walks, safety curbs, and guard rail elements.

On the contrary, the access viaducts and accessory structures were executed on the site on tubular scaffolding, as well as the lateral boxes under the traffic ways of the deck of the main lagoon structure.

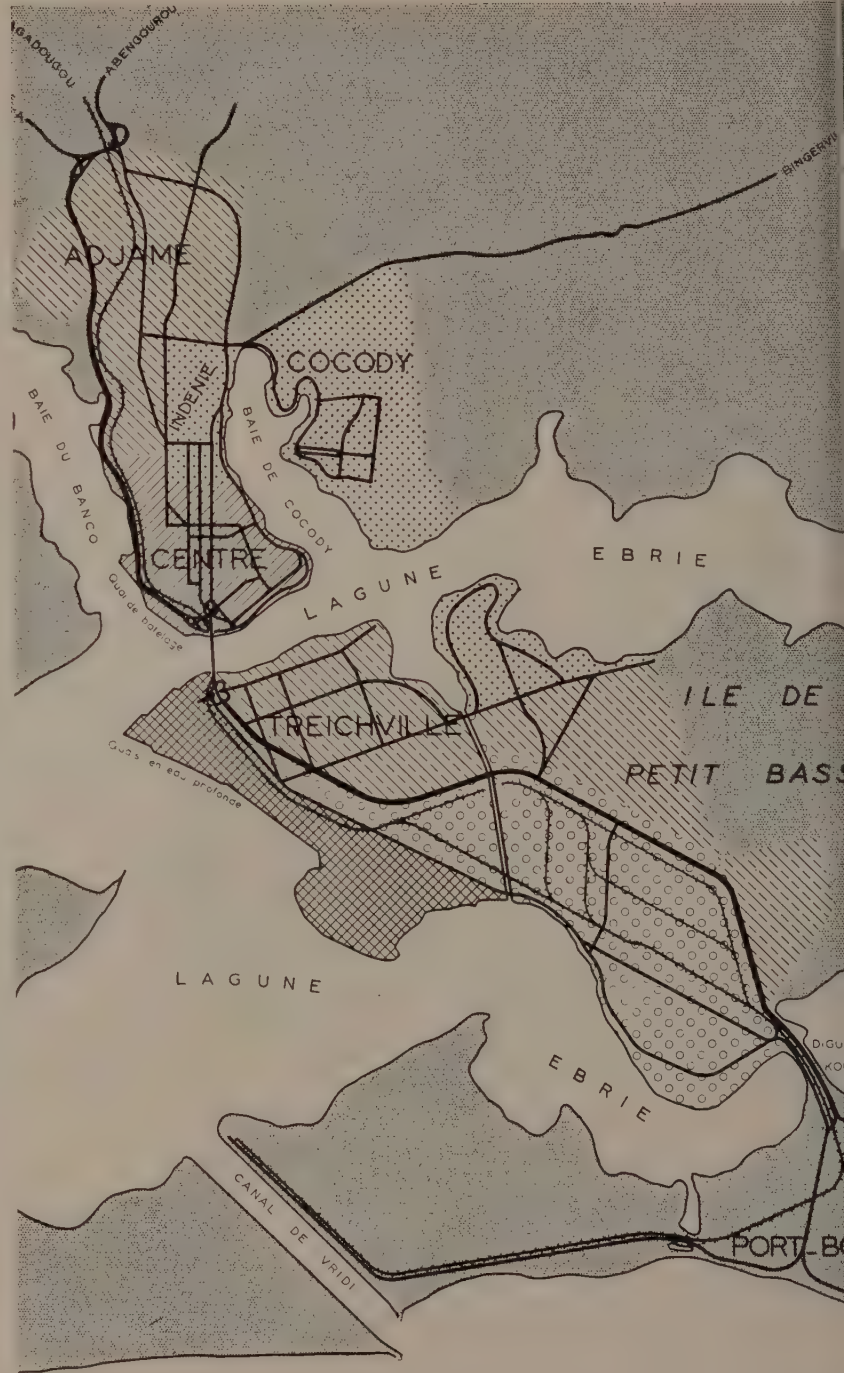


FIG. 2. — Abidjan et ses environs. Plan schématique.

Execution of the Abidjan bridge required the use of 2,000 tons of steel, 13,000 tons of cement sent from France, and a team of 44 Europeans and 750 Africans for a total period of 32 months.

AVANT-PROPOS

CONCEPTION DE L'OUVRAGE ⁽¹⁾

par **M. N. ESQUILLAN**

Directeur Technique des Entreprises Boussiron.

Le nouveau pont d'Abidjan remplace un pont flottant devenu insuffisant.

L'ouvrage est composé essentiellement d'un pont à double étage de 372,00 m de long, franchissant la lagune Ebrié, prolongé de part et d'autre par deux viaducs terrestres d'accès de 89,00 m de long chacun. Sur chaque rive les voies existantes sont raccordées par des boucles avec ouvrages annexes à plusieurs niveaux afin d'éviter les cisaillements.

Le pont livre passage aux automobiles et camions par une chaussée de 14,00 m de largeur, aux cyclistes et aux piétons par deux pistes de 4,00 m, enfin au chemin de fer par deux voies ferrées métriques disposées au-dessous de la chaussée.

Chacune des huit travées de 46,50 m entre axe des piles de l'ouvrage principal en lagune est constituée par deux poutres tubulaires préfabriquées de 41,00 m de portée entre axe des appuis (poids 800 t, précontraintes, système Boussiron-BBR) de 9,20 m de largeur et de 5,80 m de hauteur totale. Ces poutres sont complétées au niveau de la chaussée par des coffres extérieurs en encorbellement sous les pistes et, au niveau des voies ferrées, par une passerelle à canalisations de 4,40 m de largeur, disposée entre les poutres tubulaires.



FIG. 3. — Vue générale du pont et de ses accès.

⁽¹⁾ Résumé de la communication présentée le 7 février 1958 en la salle des conférences de la Société des Ingénieurs Civils de France par M. N. Esquillan, Ingénieur des Arts et Métiers, Directeur Technique des Entreprises Boussiron, Président de la première section (Travaux Publics) de la Société des Ingénieurs Civils de France.

Les viaducs d'accès comportent chacun un tablier en béton armé de 1,15 m d'épaisseur continue sur quatre travées de 21,50 m de portée.

En lagune une coupe du terrain fait apparaître en moyenne : 10 m d'eau, 15 à 20 m de vase molle, 20 m de vase dure puis du sable avec de minces bancs d'argile dure. Ainsi sur 200 m environ, dans la partie centrale de l'ouvrage, le sol de fondations se trouve à la profondeur considérable de 50 à 55 m en dessous du plan d'eau. Ces conditions naturelles peu courantes ont conduit à recourir :

— à une préfabrication totale de tous les éléments de l'ouvrage (piles — poutres — passerelles — puits) sur l'une des rives avec transport par flottaison à leur emplacement définitif. Un tonnage de 23 000 t a ainsi été manipulé ;

— à des puits de fondations verticaux et inclinés en éléments tubulaires préfabriqués et précontraints descendus jusqu'à 70,00 m au-dessous du niveau des eaux dans des forages de 1,50 m de diamètre exécutés au moyen de matériel Benoto. Ces gaines remplies de béton sont ancrées de 15 m environ dans les sables où leur appui latéral est assuré par deux étages de 6,00 m de hauteur de manches expansibles en polyvinyle gonflées au mortier de ciment.

Pour éviter toute attaque, soit des superstructures par l'air marin ou les gaz nocifs des locomotives, soit de l'infrastructure par l'acide humique des vases, les bétons ont été préparés avec du ciment pouzzolano-métallurgique.

Avec ses nouveautés techniques, l'ensemble exprime dans une œuvre monumentale et d'urbanisme unique en A.O.F., et peut-être en Afrique, l'importance de cet ouvrage original.

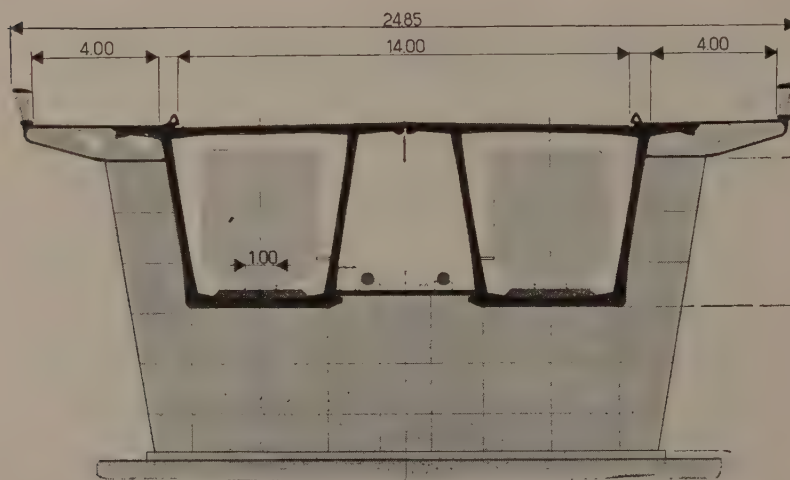


FIG. 4. — Coupe transversale du tablier.

PRÉSENTATION DU PRÉSIDENT

A la séance du 7 février 1958 de la Société des Ingénieurs Civils vous avez été certainement séduits, pour ceux d'entre vous qui ont pu y assister, par l'exposé général sur le pont d'Abidjan, qu'a fait M. Esquillan. Aujourd'hui, vous allez entendre sur les problèmes pratiques de réalisation de ce bel ouvrage M. Jean François, Chef d'études aux Entreprises Boussiron.

M. Jean François, qui a déjà dix-sept ans de carrière dans cette Société d'entreprise, est Ingénieur des Arts et Métiers. Après être sorti major de sa promotion, avec la médaille d'or, en juillet 1941, il est entré aussitôt chez Boussiron et a collaboré à tous les grands travaux exécutés depuis lors par cette firme dont la dernière grande réalisation est le pont d'Abidjan. Il a participé à la construction du viaduc de la Méditerranée près de Givors, du pont du port d'Agrès, du fameux hangar de Marignane, du pont Poincaré à Lyon et du viaduc de la Voulte.

Pour en revenir au pont d'Abidjan je rappelle que cette œuvre, qui en impose à tous les visiteurs et qui apparaît tellement magnifique qu'on en a discuté l'opportunité, s'imposait en fait.

Elle s'imposait parce que, ainsi que vous l'a dit M. Esquillan, Abidjan était une ville véritablement embouteillée par la circulation aux abords de l'ancien pont, circulation qui était comparable, aux heures de pointe tout au moins, à celle d'un des ponts les plus encombrés de Paris, le pont d'Austerlitz qui est le second au point de vue des encombrements, le record étant détenu par celui de la Concorde. Il était donc rigoureusement indispensable de faire un ouvrage beaucoup plus considérable au point de vue du débit, que l'ancien pont flottant.

Quant à l'impression produite sur les visiteurs et notamment les étrangers de passage, j'en ai encore eu tout récemment un écho provenant d'un Anglais revenant du Nigéria par Abidjan, et qui a marqué une réelle stupéfaction admirative devant l'œuvre réalisée, tant en ce qui concerne le pont proprement dit qu'à l'égard de l'ensemble d'urbanisme qui l'encadre.

Une réussite aussi spectaculaire est à base de beaucoup d'expérience et de compétence technique, mais aussi de beaucoup d'imagination et d'audace dans les multiples domaines de l'art de l'ingénieur.

Je ne veux pas prolonger plus longtemps cette introduction car vous êtes certainement très pressés de connaître les particularités et les dessous de la réalisation sur laquelle votre curiosité a déjà dû être aiguisée par l'exposé de M. Esquillan. Je passe donc de suite la parole à M. Jean François.



FIG. 5. — Abidjan. Vue d'ensemble.

EXPOSÉ DE M. FRANÇOIS

I. GÉNÉRALITÉS

Études des moyens d'exécution
et influence sur la conception des ouvrages

L'exécution d'un ouvrage commence toujours par une longue étude où la planche à dessin et la règle à calculs, les maquettes, sont les instruments classiques de la recherche, de la mise au point, du tracé définitif non seulement des formes et des sections, mais aussi des procédés d'exécution.

Dans le cas du pont d'Abidjan, les études des moyens de mise en œuvre furent aussi importantes que celles des sections de béton armé des éléments eux-mêmes.

Il n'y a pas lieu de s'en étonner car c'est là le propre des solutions répétitives basées sur le principe de la préfabrication et de la recherche d'une productivité optimum par des moyens bien adaptés.

L'influence des procédés d'exécution sur la conception elle-même de l'ouvrage a porté essentiellement sur son fractionnement en éléments de dimensions ou de poids compatibles avec leurs moyens respectifs de mise en œuvre.

C'est ainsi que le poids de 800 t des poutres tubulaires, la longueur de 6,00 m des viroles des puits, les conditions de flottabilité des caissons ont été considérés comme des conditions ou des ordres de grandeur impératif lors des études de ces éléments.

Le pont d'Abidjan, sur le plan exécution, est donc à la fois un problème de fondation (fig. 6) et un exemple typique de préfabrication lourde généralisée à grande échelle.

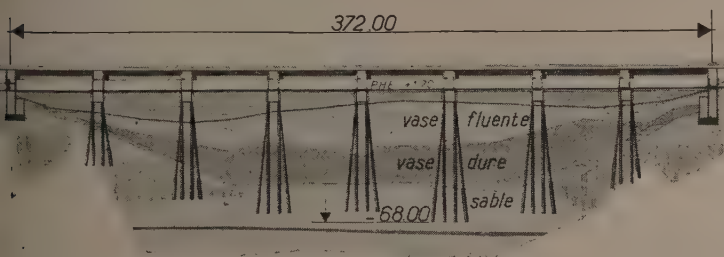


FIG. 6. — Coupe longitudinale des fondations.

II. PROBLÈME DE FONDATION

Par la nature des terrains et la profondeur des couches résistantes, la réalisation de la fondation de cet ouvrage en reste un des aspects les plus remarquables.

A. Culées.

Les culées, constituées par des caissons rectangulaires de 30,00 m \times 12,00 m comportent six alvéoles et descendent à la cote — 17,50 côté Treichville et — 14,00 côté Abidjan (fig. 7).

La forme du caisson dans sa partie haute résulte des conditions de mise en place des poutres du tablier, du tirant d'eau des chalands durant cette opération et de l'aspect architectural final recherché, évitant toute saillie importante du caisson du côté lagune. Ces caissons furent exécutés en place sur la rive elle-même préalablement nivelée. Après l'exécution du rouet renforcé par un couteau en profilés, des banchées successives de 2,70 m de hauteur alternèrent avec les périodes d'enfoncement par havage à l'air libre. Les deux grues sur chenilles utilisées pour extraire les matériaux en période de descente permettaient la manipulation des coffrages et du béton au cours des phases de surélévation.

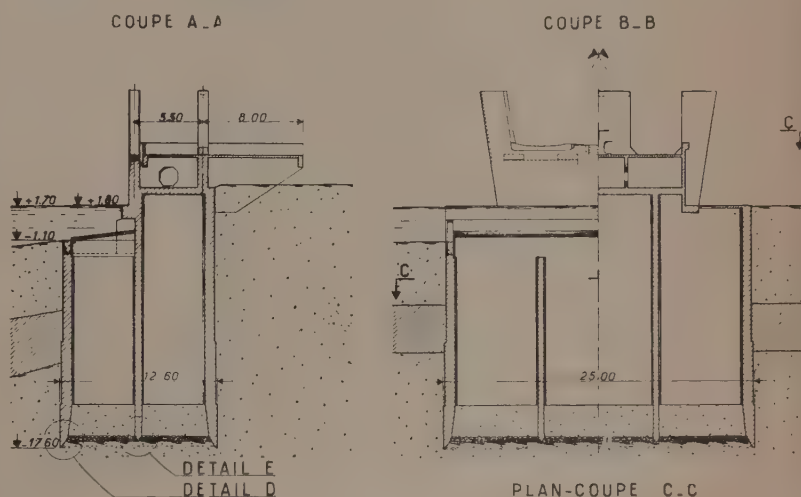


FIG. 7. — Caissons des culées.

Le havage de ces caissons présenta en fait quelques difficultés en raison de leur poids insuffisant.

Des renards se manifestèrent à plusieurs reprises au cours de la descente, faisant craindre un remaniement du terrain constituant la couche d'assise de la culée. Aussi un lestage du caisson au moyen d'une surcharge de 1 200 t de sable fut décidé en fin de havage pour ancrer le rouet aussi profondément que possible dans un terrain vierge.

La cote définitive atteinte, le fond du caisson fut dressé au scaphandrier et recouvert d'un tapis d'enrochements destiné à stabiliser le fond sableux durant le bétonnage du bouchon.

Les six alvéoles furent alors bétonnées successivement sur une hauteur de 2,50 m selon le procédé Fougere-rolle. Cette technique de mise en œuvre du béton immergé tend à éliminer pratiquement le délavage du béton en évitant toute agitation de sa surface grâce à un écoulement très lent et régulier.

Les goulottes, rigoureusement étanches, plongent au sein de la masse du béton déjà en place. La hauteur



FIG. 8. — Perspective d'une pile.

du béton à l'intérieur des tubes est alors maintenue en relation constante avec la profondeur d'eau surmontant le béton extérieur. Ainsi, très régulièrement, sans effet de chasse en raison de l'équilibre des pressions régnant à la base de la goulotte, le bulbe de béton se forme progressivement sur le fond, atteint les parois puis s'élève en épousant entièrement les moindres aspérités du caisson. Et tout cela sans aucune turbulence donc sans délavage superficiel.

Le béton utilisé doit être très plastique sans excès d'eau, et à prise relativement lente.

B. Piles en lagune.

Les piles en lagune, au nombre de sept, comprennent deux parties : un caisson et huit puits-colonnes dont quatre inclinés (fig. 8).

L'élément essentiel de la fondation est le puits-colonne, ancré à grande profondeur dans les sables francs, et recevant en tête un effort pouvant atteindre 650 t dans le cas de surcharges le plus défavorable.

Avec un ancrage fixé à 15 m minimum dans les sables francs à la suite de la réalisation d'un puits d'essai, les puits atteignent au plus profond la cote — 68 (le plan d'eau se situant aux plus hautes eaux à la cote + 1,70).

Le caisson joue cependant un rôle important dans la distribution des efforts aux différents puits et nous verrons plus loin son rôle au cours de l'exécution.

Le cycle d'exécution d'une pile commençait par l'amenée et l'immobilisation à l'emplacement de la pile à construire d'une installation flottante comprenant deux chalands de 500 et 300 t reliés par une charpente métallique supportant une plate-forme de travail à la cote + 9,00 environ (fig. 9). L'ensemble était relié à la pile précédente ou à la culée par une passerelle métallique, rigide en plan, et articulée à ses deux extrémités pour permettre à l'ensemble flottant de suivre les mouvements de la marée (dont l'amplitude maxi était de 1,20 m environ) pendant la durée d'exécution des quatre puits verticaux.

Par contre, l'installation était bloquée par l'intermédiaire du caisson sur les puits verticaux durant la réalisation des puits inclinés.

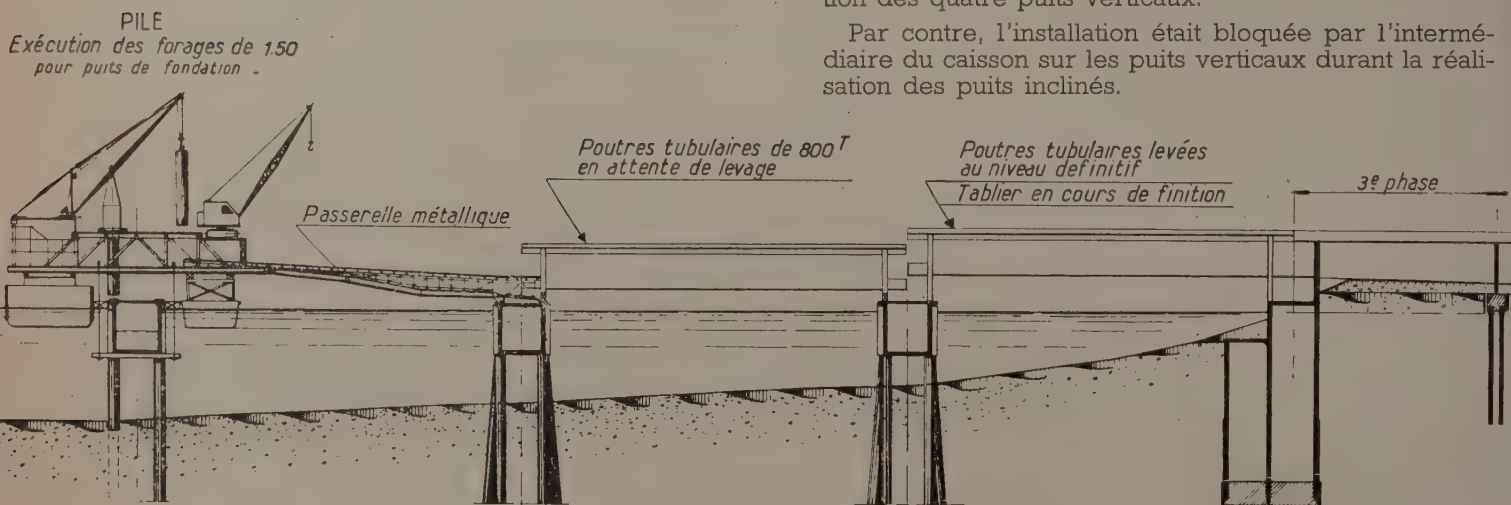


FIG. 9 a. — Installation flottante d'exécution des piles (phases d'exécution).

Ainsi l'implantation d'une pile était-elle rigoureuse au centimètre près à la fois longitudinalement et transversalement.

L'installation comportait en outre deux engins de levage de desserte générale : un derrick Haulotte de 150 mt permettant de lever des charges de 15 t à une portée de 10,00 m et une grue Nordest de 18 mt disposée à poste fixe.

Le caisson de pile était ensuite amené par flottaison depuis son installation de préfabrication et bloqué entre les deux chalands à la fois horizontalement et verticalement afin de leur transmettre les efforts résultant de l'exécution des puits.

Le caisson servait ainsi de « gabarit » donnant à chaque puits son implantation et son inclinaison exactes. Le forage des puits était exécuté à partir de la plateforme supérieure au moyen d'un ensemble de machines Benoto n° 5 adapté aux conditions particulières du travail.

Les puits inclinés nécessitaient une goulotte supérieure inclinable à commande hydraulique et un tube guide ; le diamètre extérieur de 1,524 m du tube de forage conduisait à utiliser un collier spécial à serrage hydraulique et un vérin de louvoisement n° 6 de 20 t ; le hammergrab devait être muni d'ailettes de guidage.

Le forage comportait en premier lieu la pose du tube-guide en tôle perforée, solidarisé du caisson et assurant la mise en fiche correcte du tube de forage malgré l'inconsistance des couches de vase superficielles et le courant de marée descendante atteignant 1,50 m/s.

Le tube de forage proprement dit, en tôle de 12 mm d'épaisseur, renforcé à sa base par une trousse coupante crénelée en biseau, était ensuite descendu en éléments de 6,00 m au moyen du derrick. Le raboutage par soudure électrique en cordon était une opération longue et coûteuse, mais les efforts développés dans le tube sont tels que le verrouillage rapide par des dispositifs mécaniques ne présentait pas encore à l'époque de garanties suffisantes.

L'extraction des matériaux commençait lorsque le tube atteignait la vase dure. Le hammergrab a permis

d'extraire pratiquement tous les terrains rencontrés : la vase dure, argiles très compactes, sables, blocs de latérite, éléments de bois, moyennant l'adaptation de la forme de la benne à la nature du terrain par simple changement de coquilles. Le blocage des pelles de celles-ci permettait de transformer le hammergrab en un véritable trépan. Selon le principe même du procédé Benoto, pendant toute la descente du tubage métallique, la machine à tüber, encore appelée « louvoyeuse » l'entraînait en rotation alternée par l'intermédiaire d'un collier hydraulique et d'un bras triangulé de 7,00 m de longueur. Le couple développé peut ainsi atteindre 140 mt. L'amplitude de rotation étant contrôlée par le conducteur de la machine, tandis que la descente verticale du tube sous son poids propre s'adapte automatiquement à la résistance du terrain sous la trousse coupante, il en résulte un mouvement hélicoïdal à pas variable dit mouvement louvoyant. Cette souplesse d'adaptation du mouvement vertical constitue sans doute le secret de l'efficacité du procédé. La trousse coupante attaque obstinément, patiemment, si l'on peut dire, le terrain et le désagrège au fur et à mesure qu'il se desserre sous l'action du hammergrab.

Les forages furent ainsi réalisés jusqu'à une profondeur atteignant 70,00 m par rapport au plan d'eau pour la pile V, traversant 10 m d'eau, 20 m de vase fluente, 20,00 m de vase dure, 4,00 m de sables vaseux et 15,00 m de sables francs.

Lorsqu'un forage était terminé, ayant atteint la cote prévue et confirmée par les niveaux des couches rencontrées au cours du forage lui-même, l'opération de gainage commençait aussitôt.

Elle consistait à introduire dans le tube de forage de 1,50 m de diamètre intérieur une série de viroles en béton armé de 1,35 m de diamètre extérieur (fig. 10). Cette gaine creuse de 10 cm d'épaisseur, préfabriquée par longueurs courantes de 6,00 m était assemblée par précontrainte au fur et à mesure de son introduction dans le tube métallique.

L'élément de pied étant obturé à la base et les joints étanches, l'ensemble de la gaine restait constamment en équilibre de flottaison moyennant un lestage complémentaire à l'eau.

Le dispositif d'assemblage par précontrainte est constitué par 24 fils d'acier à haute résistance $\varnothing 8$ mm ($n_s \geq 120 \text{ kg/mm}^2$ $160 \geq n_r \geq 140 \text{ kg/mm}^2$ calibré auto-dérouleur), prétractionnés sur chantier, raboutés tous les 6,00 m par des manchons spéciaux et mis en tension en prenant appui sur des collerettes crénelées disposées intérieurement et en haut de chaque élément de gaine. La précontrainte était ainsi réalisée de proche en proche, la mise en tension effectuée en appui sur la dernière collerette libérant l'appui provisoire de la collerette immédiatement inférieure. Finalement, la série des douze éléments constituant la gaine la plus longue était constituée dans un délai de 48 heures et comportait des fils nus sur 70,00 m ancrés seulement à leurs deux extrémités dans le bouchon inférieur et la collerette supérieure.

Le remplissage du puits en béton coulé sous l'eau au moyen d'un procédé analogue à celui employé pour les bouchons de culées, mais simplifié et adapté à la

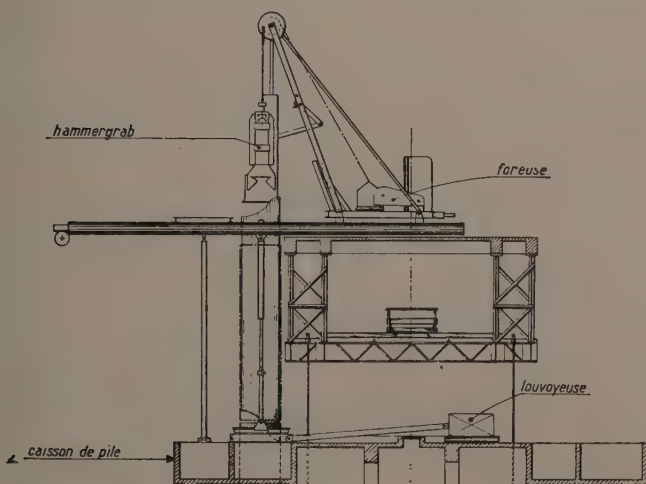
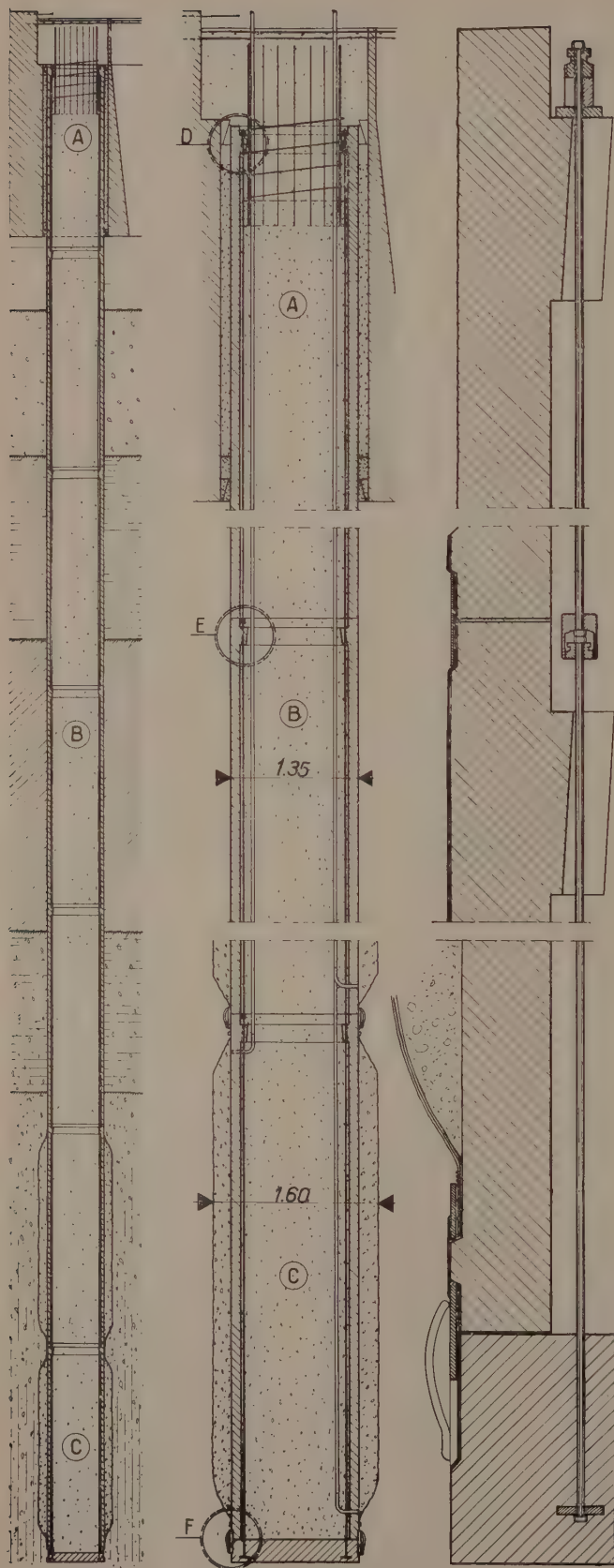


FIG. 9 b. — Installation de forage en coupe transversale.

FIG. 10. — Détails d'un puits.



grande profondeur des puits, constituait à la fois l'enrobage des fils de précontrainte et la section définitive du puits-colonne.

Deux détails sont encore à noter :

1° Les gaines sont équipées sur les deux premiers éléments de pied correspondant à la partie porteuse du puits dans les sables, de manches expansibles en polyvinyle de 15/10 d'épaisseur, bridées haut et bas sur le béton par des colliers en fer plat avec interposition de ligatures en sisal afin d'éviter une coupure de la matière plastique au voisinage du collier.

2° Les autres éléments comportent un enduit bitumineux de protection contre l'agression chimique des vases.

Ainsi apparaît l'extrême souplesse d'adaptation du procédé permettant de modifier localement la forme ou la nature du corps du puits pour lui conférer des caractéristiques mécaniques ou une nature adaptée aux propriétés locales du sol.

Durant la période de descente des gaines et de préparation du bétonnage, plusieurs séances de louvolement permettaient de maintenir le tube de forage libre en rotation dans le sol.

Le remplissage de la gaine terminé, l'arrachage du tubage métallique commençait aussitôt avec un mouvement louvoyant inverse sous l'effort conjugué d'une louvoyeuse et de deux vérins hydrauliques de traction de 30 t attelés sur le collier.

A l'opération d'arrachage succédait l'injection des manches en polyvinyle au moyen de mortier colgrout sous pression. Chaque manche comporte deux tuyaux métalliques aboutissant, l'un au niveau bas pour l'injection en source, l'autre au niveau supérieur à usage d'évent.

Les quantités de mortier injectées ont certes varié sensiblement d'un puits à l'autre. Cette constatation est à rapprocher de la capacité de resserrement du terrain observée au cours des forages. Dans les cas de resserrement particulièrement énergique du sol, le volume d'expansion du puits est logiquement plus réduit que dans les cas où, à la limite, le trou de forage reste béant autour de la gaine.

Nous pensons donc que dans tous les cas cette injection joue un rôle régulateur des conditions de scellement du puits-colonne dans les couches porteuses.

Sauf circonstances accidentelles, ayant conduit à la perte partielle ou totale du tube de forage dans certains cas, tous les puits inclinés ont été exécutés selon le processus exposé ci-dessus.

En ce qui concerne les puits verticaux, pour des raisons de rapidité d'exécution, une technique un peu différente a été finalement adoptée. Elle a consisté, à partir de la troisième pile, dans l'abandon systématique du tube de forage dans la hauteur des terrains et leur remplissage direct en béton. Mais alors, l'utilisation de gaines précontraintes sur les 12,00 m supérieurs selon le procédé normal a permis la récupération des tubes de forage sur la hauteur de l'eau par découpage au scaphandrier au niveau supérieur de la vase.

L'utilisation de colonnes de forage à verrouillage rapide, que nous utiliserions systématiquement main-

tenant, auraient permis d'éviter cette dépense élevée consentie pour rester dans les limites du délai.

Pour être complet, nous devons préciser que dans un seul cas sur les 56 puits exécutés nous avons jugé prudent d'ajouter un puits supplémentaire à l'une des piles, la qualité du béton d'un puits normal s'étant révélée douteuse, par suite d'un incident de bétonnage sous l'eau lors du remplissage en béton de la gaine effectué de nuit.

En conclusion, il est possible d'affirmer que certaines objections formulées lors du jugement du concours se révélèrent à l'usage sans fondement.

1° La stabilité des installations de forage sous les efforts de louvoiement ne donna lieu à aucune difficulté et cela, outre la résistance mécanique du dispositif, peut être en raison de l'inertie considérable de l'ensemble flottant et d'une période propre d'oscillation très différente de celle du louvoiement.

2° Le resserrement du terrain sur le puits en dehors même de tout dispositif d'expansion est une réalité maintes fois constatée.

3° Le franchissement d'obstacles n'a pas soulevé de problèmes particuliers bien que dans plusieurs cas le tube de forage ait atteint des billes de bois ou des blocs de latérite profondément enchâssés dans divers terrains. Grâce au grand diamètre des tubes un scaphandrier a pu descendre jusqu'à 30 m de profondeur dans certains cas.

III. PRÉFABRICATION LOURDE

A. Raisons de la préfabrication.

Les raisons de la préfabrication étaient de cinq ordres :

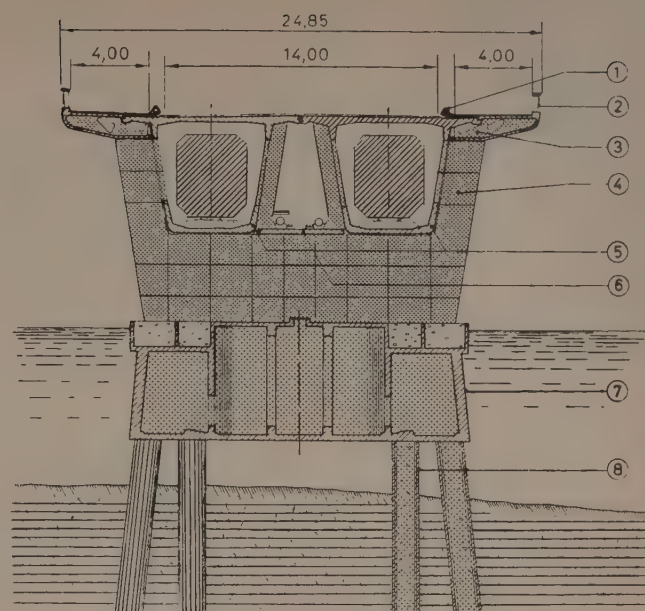
1° Les fonds lagunaires étaient impropres, du point de vue économique à l'établissement d'échafaudages ou de plates-formes fixes aussi bien pour l'exécution en place des piles que des poutres principales.

2° La main-d'œuvre locale peu qualifiée nécessitait de ce fait une spécialisation d'autant plus poussée des équipes ainsi qu'une surveillance du travail plus efficace. La préfabrication sur un chantier terrestre fixe et bien équipé était alors favorable à ce double point de vue.

3° L'exécution des fondations descendant à de telles profondeurs apparaissait, *a priori*, comme la partie aléatoire du travail, difficile à incorporer dans un planning rigoureux. L'indépendance des chantiers de préfabrication et de mise en œuvre des éléments paraissait donc souhaitable pour obtenir un rendement maximum sur la plus grande fraction possible de l'activité du chantier.

4° Les délais relativement courts s'accommodaient difficilement de l'enchaînement normal des opérations consistant à exécuter les piles d'abord, les poutres ensuite. Et ceci d'autant plus que la construction des piles à l'avancement conduisait à réaliser deux travées de tablier après la dernière pile. La préfabrication des poutres limitait considérablement cet inconvénient.

5° Enfin, la nécessité d'importer tout le matériel de chantier avec un transport à grande distance conduisait à réduire au strict minimum les moyens à mettre en œuvre d'une part, à utiliser autant que possible des



- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| 1. Bordures de sécurité. | 5. Poutres tubulaires. |
| 2. Garde-corps. | 6. Dalles sous canalisations. |
| 3. Coffres sous pistes. | 7. Caissons de pile. |
| 4. Coffres de piles. | 8. Gaines de puits. |

FIG. 11. — Coupe sur pile. Divers éléments préfabriqués.

matériaux de haute qualité mis en œuvre dans les conditions de sécurité les plus favorables d'autre part.

C'est ainsi que l'exécution des poutres sur des aires indéformables et commodément accessibles a permis la conception de poutres précontraintes de sections relativement légères dans de bonnes conditions.

A l'exception des viaducs d'accès et ouvrages annexes, d'une fraction des fûts de piles en lagune et des coffres sous trottoirs (fig. 11), tous les éléments constituant l'ouvrage ont été préfabriqués : caissons de pile, gaines de puits, poutres tubulaires, coffres de piles, bielles et sommiers d'appui, raidisseurs de coffres latéraux sous pistes, bordures de trottoirs, garde-corps. Nous passerons successivement en revue les principaux d'entre eux sous le triple aspect de leur préparation, de leur stockage et de leur mise en place définitive.

B. Caissons de piles (fig. 12).

Au nombre de sept, ces éléments ont une largeur de 7,50 m, une longueur de 17,50 m, une hauteur totale de 6,00 m et une forme relativement compliquée en raison des orifices de passage des puits-colonnes d'une part, de notre désir de leur conserver de bonnes conditions de flottabilité sans aucune aide extérieure d'autre part.

Ces caissons sont creux et, pour leur assurer une tenue irréprochable vis-à-vis de la fissuration et de l'agression de l'eau de lagune légèrement saumâtre, il fut décidé que leurs parties d'épaisseurs relativement minces (20 cm) seraient précontraintes et qu'ils seraient enduits extérieurement au moyen d'un produit bitumineux appliqué à chaud.

C'est ainsi que le radier inférieur et les deux parois verticales longitudinales furent pourvus de câbles BBR-Boussiron de 100 et 30 t (avant relaxation) :

— câbles horizontaux du radier tendus de l'intérieur du caisson;

— câbles horizontaux des parois tendus depuis l'intérieur des cheminées verticales;

— câbles verticaux des parois, tendus par leur extrémité supérieure.

La préfabrication des caissons avait lieu le long de la rive Treichville à l'est des installations générales de chantier et des aires de fabrication des poutres (fig. 13).

Chaque caisson aurait pesé 520 t dans l'air et nécessité un dispositif de mise à l'eau encombrant et onéreux s'il avait été exécuté à terre.

Il a donc été décidé de procéder à une immersion progressive du caisson au fur et à mesure de son exécution par tranches horizontales successives. Ainsi le poids sur l'estacade de construction a pu être limité au 1/3 de sa valeur réelle dans l'air.

L'installation ainsi réduite au minimum, établie au-dessus de l'eau, évitait tout encombrement du chantier et permettait une mise à flot particulièrement simple et économique. Chaque caisson a été construit en neuf phases accompagnées chacune d'une descente de 40 cm d'amplitude environ, au moyen de quatre vérins de 50 t et d'un dispositif de suspension par barres épaulées.

La dernière descente amenait le caisson à flot et se poursuivait jusqu'au repos de la plate-forme constituant fond de moule sur le sable de la souille. Les suspentes relevées, le caisson était remorqué par deux vedettes jusqu'à une position de stockage à flot, à proximité de la rive, ou conduit directement à son emplacement définitif entre les deux chalands de l'installation de forage.

La durée d'exécution d'un caisson a été en moyenne de dix semaines en travaillant à un seul poste.

L'exécution des sept caissons a été conduite avec la participation permanente d'un seul européen et une équipe spécialisée reproduisant un grand nombre de fois les mêmes opérations élémentaires.

Le rôle du caisson dans la fondation des piles est à la fois celui d'un guide et d'un massif d'encastrement pour les puits. Après blocage des joints et remplissage en béton des alvéoles réservées au-dessus de celles-ci, les fûts de pile ont été exécutés en place. Cette exécution

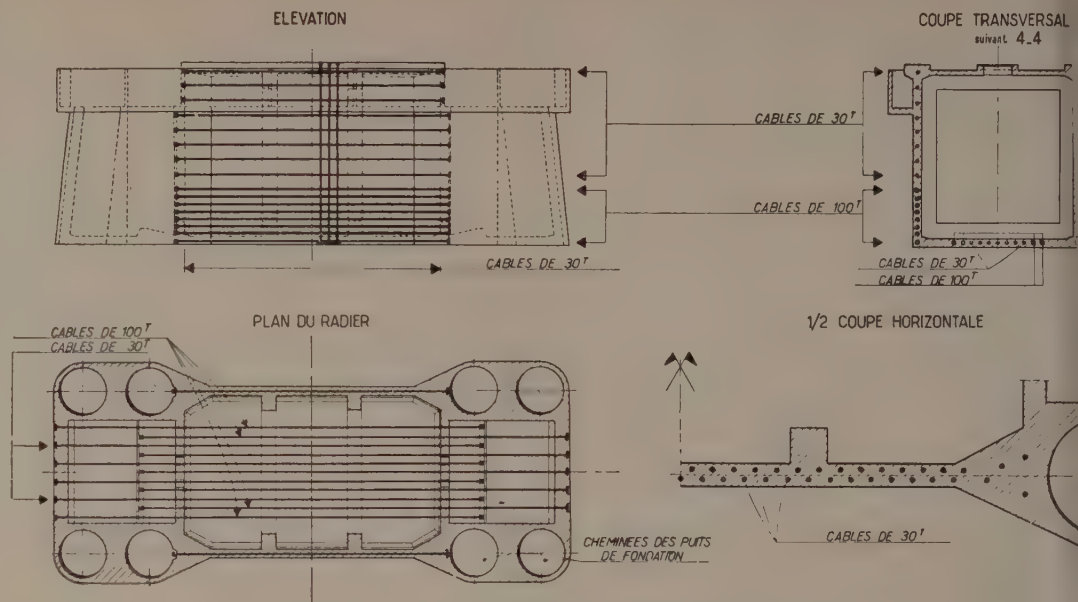


FIG. 12. — Schéma des câbles de précontrainte d'un caisson.

tion comporte cependant encore l'incorporation de certains éléments préfabriqués (coffres en U, plaques de protection des bielles, bielles et sommiers frettés d'appui des poutres).

Certains caissons restèrent plusieurs mois en attente à flot sans qu'aucune venue d'eau ne se manifestât au travers des parois. C'est là une garantie de bonne exécution. Finalement les caissons en œuvre devaient être remplis d'eau douce afin de réduire au minimum les efforts de flexion des parois et l'attaque intérieure par l'eau saumâtre de lagune.

C. Gains en béton armé des puits-colonnes.

Le chantier de préfabrication des gaines en béton armé comportait une aire bétonnée desservie par un portique roulant automateur de 10 t de charge utile (fig. 14).

Le béton des gaines, constitué avec des éléments ne dépassant pas l'anneau de 10 mm en raison de l'épaisseur de 10 cm des parois et de leur coulage en position verticale, était fourni par une petite centrale à béton particulière.

Les éléments de gaine que nous avons décrits à propos de la constitution des puits ont été exécutés la tête en bas. La collerette, crénelée d'appui des fils de précontrainte était elle-même préfabriquée et disposée en fond de moule par rapport à la partie cylindrique courante de l'élément.

Le bétonnage avait lieu en une seule fois sur la hauteur de 6 m, dans des moules métalliques très résistants, soumis à l'action de vibrateurs à air comprimé.

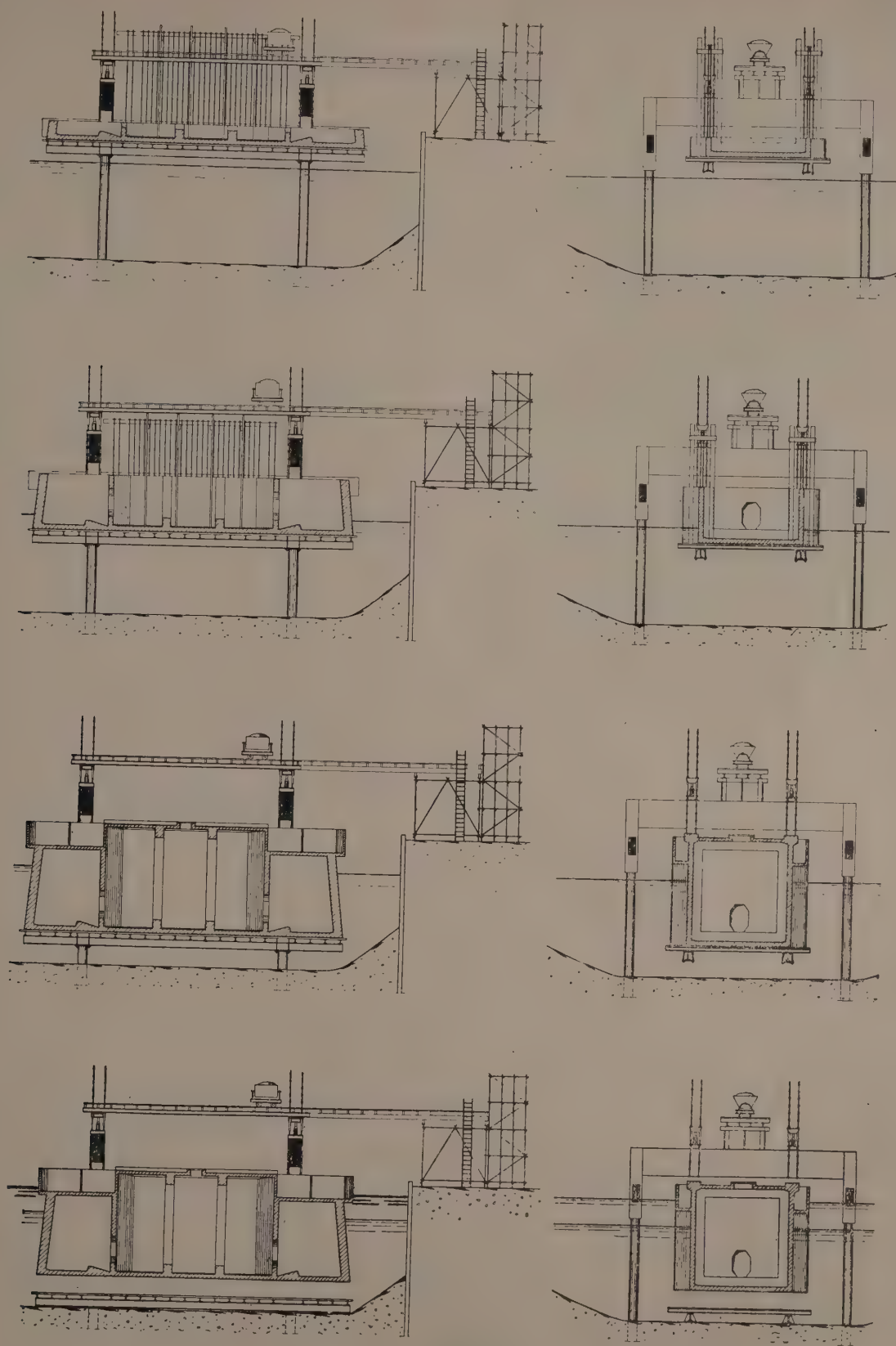


FIG. 13. — Estacade de construction de caissons.



FIG. 14. — Installation de préfabrication des gaines.

Décoffrées au bout de vingt-quatre heures, les viroles étaient d'abord conservées en position verticale pendant un minimum de sept jours puis, couchées elles subissaient différentes opérations de finition. En particulier, les éléments courants étaient recouverts d'un enduit bitumineux appliqué à froid et les éléments de pied équipés de leur manche de polyvinyle.

Le plastique utilisé vendu couramment sous l'appellation « munisol » était approvisionné en rouleaux de 1,50 m de largeur et 42 m de longueur. La constitution de la manche était effectuée sur l'élément de béton lui-même par enroulement d'une bande en hélice et collage au fur et à mesure de l'enroulement sur une largeur de recouvrement de 10 cm. L'équipement était complété par la pose de ligatures en cordelette de sisal et de brides en fer plat à chaque extrémité, le scellement des tuyaux métalliques d'injection et d'évent de la manche expansible. Pendant l'exécution du forage de chaque puits par l'installation flottante, une équipe spécialisée préparait les viroles en béton armé nécessaires à la constitution de la

colonne. La nécessité d'obtenir une rectitude aussi parfaite que possible de l'ensemble après assemblage en place a conduit à préaligner les éléments sur un banc spécial durant leur phase d'approche du point d'embarquement. Ainsi, l'épaisseur des joints était réglée et notée, la position des viroles successives repérée et les éléments embarqués dans l'ordre de leur mise en œuvre.

Cette sujétion de préalignement était nécessaire en raison, du coût excessif, en fonction du nombre de pièces à produire, de moules d'une précision telle que les éléments soient rigoureusement interchangeables.

D. Poutres tubulaires du tablier en lagune (fig. 15).

Les poutres tubulaires comportent une section constante de 5,76 m de hauteur, 9,20 m de largeur totale avec des épaisseurs de 25 cm pour le radier inférieur, les âmes dans leur partie la plus mince, et le hourdis supérieur sous chaussée.

Les seuls éléments raidisseurs sont : un cadre extérieur sur appui d'une épaisseur de 0,60 m et une entretoise de section rectangulaire bordant le hourdis supérieur à chacune de ses extrémités.

Le tube est précontraint transversalement par des câbles de 30 t rectilignes dans les âmes inclinées, légèrement courbes dans le hourdis supérieur, et des câbles de 60 t courbes dans le radier inférieur sous voie ferrée.

La précontrainte longitudinale est réalisée par des câbles de 100 t disposés dans le hourdis inférieur et la base des âmes ainsi que dans le hourdis supérieur sur appuis. Ces câbles sont tous rectilignes et, grâce au diagramme décroisé en plan, réalisent une force de précontrainte dans la section médiane double de celle sur appuis.

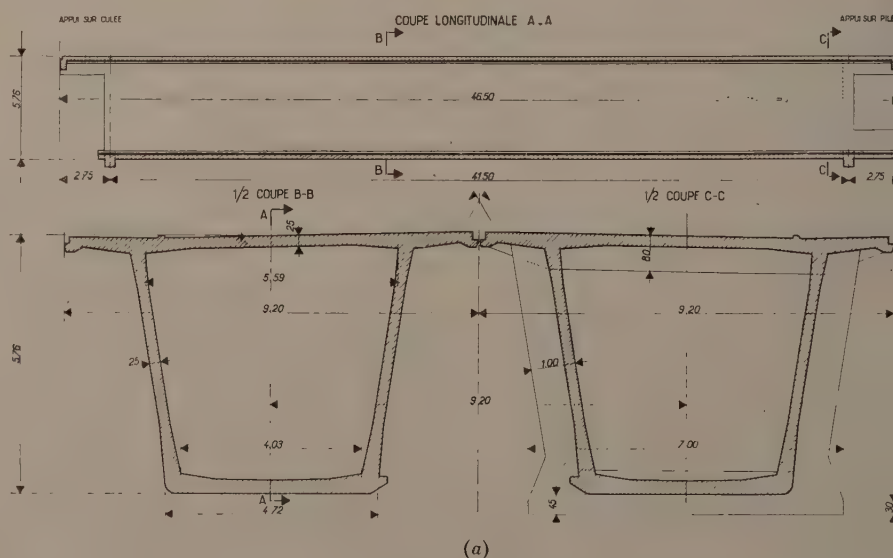


FIG. 15 a et b. — Poutres en lagune. Coupe longitudinale et coupe transverse.

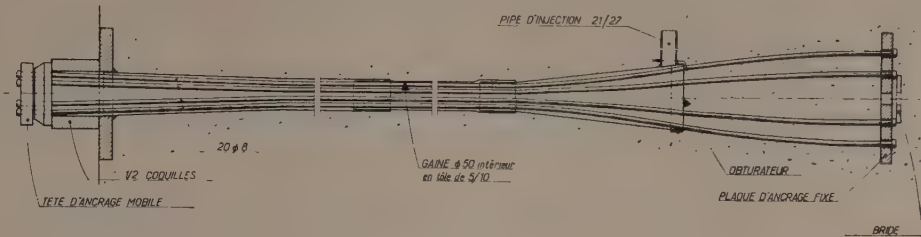


FIG. 16. — Schéma d'un câble type BBR-Boussiron.

Les câbles sont du type BBR-Boussiron (fig. 16) avec têtes d'ancrage mobiles épaulées prenant appui sur des plaques de répartition en acier doux par l'intermédiaire de demi-coquilles. Les ancrages fixes sont du type à plaque de répartition noyée dans la masse du béton.

Les gaines sont constituées par des tubes en tôle mince (5/100) à emboîtement à une extrémité de 1,00 m de long. Les gaines flexibles utilisées couramment à l'heure actuelle n'étaient pas encore très au point et d'une résistance suffisante en 1953 lorsque les commandes furent passées.

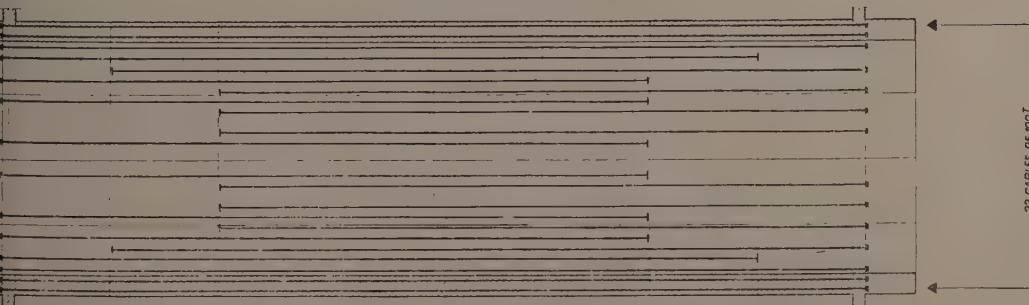
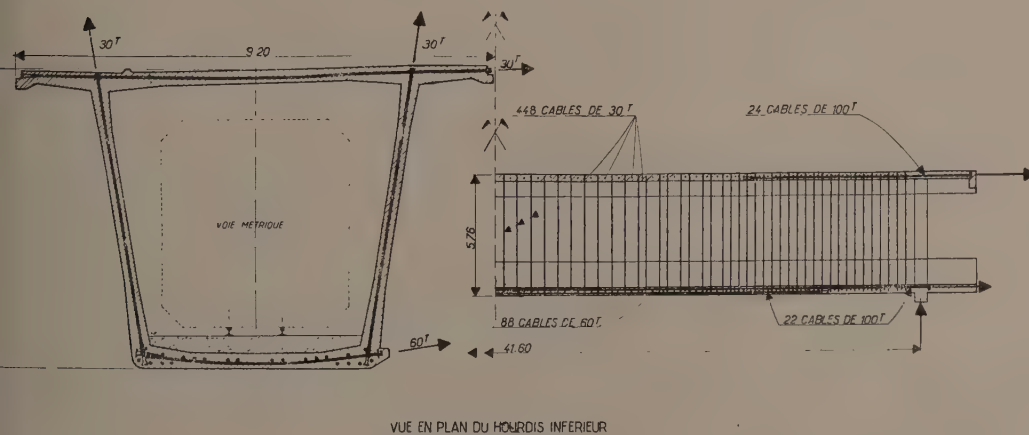
Le hourdis supérieur précontraint longitudinalement

en travée par le moment de flexion générale et sur appui par des câbles est en outre armé sous les efforts locaux par des aciers TOR de répartition.

Un quadrillage d'acier mi-dur de petit diamètre est disposé parallèlement à toutes les surfaces de béton afin d'éviter toute fissuration superficielle de retrait.

La préfabrication des seize poutres tubulaires de 800 t destinées à constituer la partie essentielle du tablier en lagune posait en fait deux problèmes :

- celui de la fabrication de la poutre elle-même ;
- celui de son transport et de sa mise en place définitive au-dessus des piles exécutées parallèlement.



(b)

a des câbles de précontrainte d'une poutre.

a) Fabrication à terre

L'emplacement choisi pour l'exécution des poutres se situait au centre de l'installation générale (fig. 17). C'était bien là en effet le chantier de préfabrication le plus important vers lequel devait converger, dans les meilleures conditions, les activités des ateliers spécialisés :

- atelier de montage des câbles de précontrainte ;
- atelier de préparation des armatures classiques (mi-dur et TOR) ;

— centrale à béton.

L'installation comportait essentiellement deux aires en béton armé de 40 m de long (fig. 18), disposées symétriquement par rapport à l'axe de lancement des poutres en vue de leur transport, et desservies par une grue à tour TK.16, à boggies pivotantes susceptibles de tourner sur un rayon de 7,50 m.

Les aires constituant fond de moule du radier des poutres étaient complétées par des chemins de roulement des coffrages extérieurs et les longrines de ripage transversal et longitudinal.

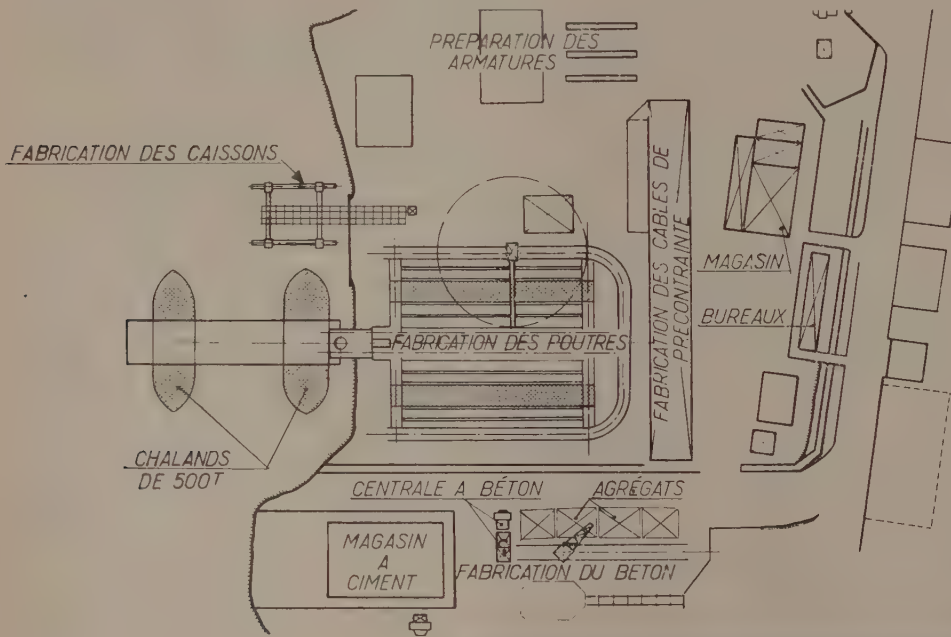


FIG. 17. — Installation du chantier de fabrication des poutres.



FIG. 18. — Aire de fabrication des poutres.

La fabrication des poutres devait s'intégrer dans un cycle de deux mois, englobant l'ensemble du travail sur les deux aires et aboutissant à la production de deux poutres.

Le but poursuivi était d'utiliser au maximum et d'une façon continue des équipes spécialisées dans l'exécution d'opérations élémentaires toujours semblables.

Ainsi, c'est la cadence de bétonnage des voussoirs qui devait déterminer le rythme du chantier et le découpage de la poutre en huit éléments exécutés par paires symétriquement en commençant par les extrémités de la poutre (fig. 19).

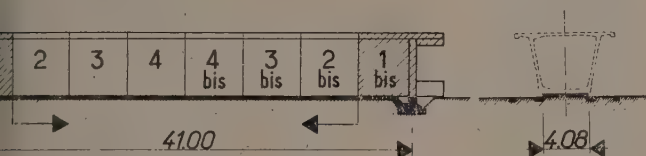


FIG. 19. — Découpage d'une poutre en huit voussoirs.

Cette production de deux voussoirs par semaine permettait encore une spécialisation au second degré en réalisant le ferrailage, le coffrage et le bétonnage de l'un pendant la période de séchage, de mise en tension et de décentrement de l'autre.

L'exécution d'une poutre comportait en premier lieu le ferrailage général du radier inférieur, tandis que les coffrages étaient encore en cours d'utilisation sur l'autre aire, puis l'amenée et le ripage des coffrages extérieurs constitués par des fermes en charpentes

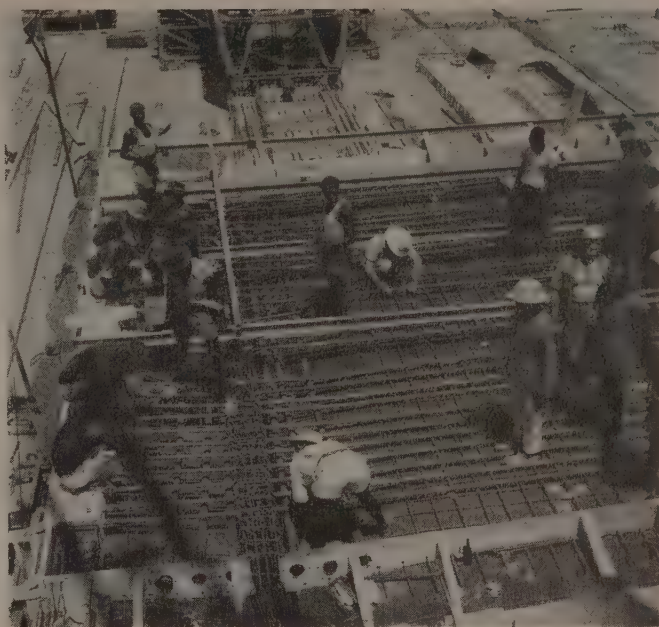
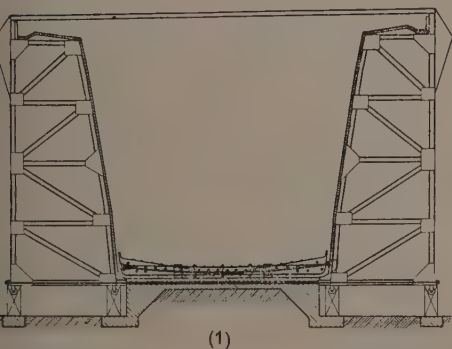


FIG. 21. — Ferrailage d'un voussoir.

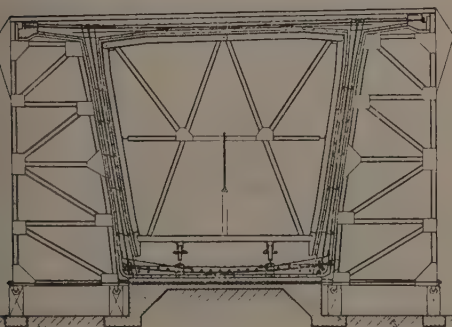
métalliques, retenues en tête et en pied par des tirants transversaux (fig. 20).

Les armatures des âmes puis du hourdis, quadrilages en acier mi-dur et réseau de câbles (fig. 21), étaient posés par nappes pré-assemblées au moyen de la grue.

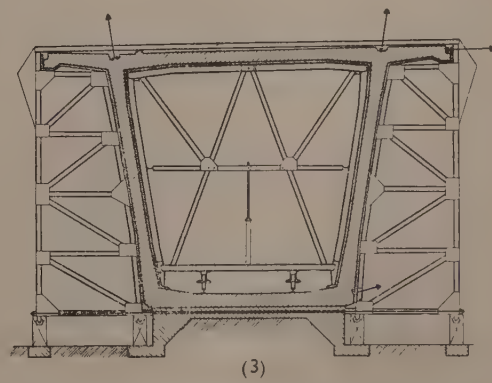


(1)

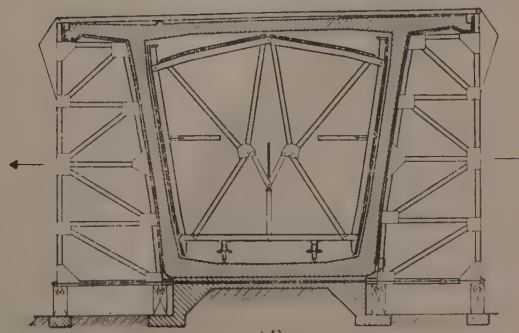
FIG. 20. — Phases d'exécution d'un voussoir.



(2)



(3)



(4)

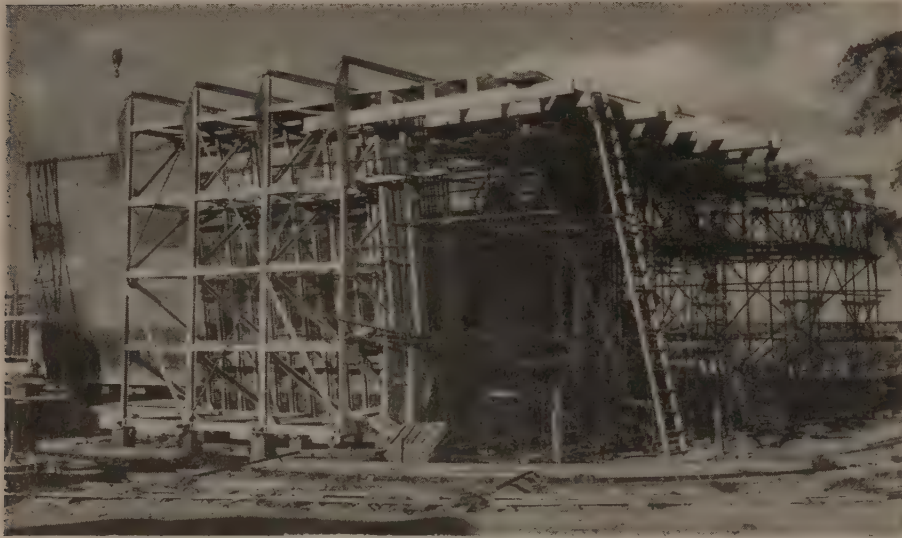


FIG. 22. — Voussoir en cours d'exécution.

Le coffrage intérieur roulant rétractable et entièrement métallique venait au dernier moment compléter l'ensemble, et le bétonnage pouvait commencer immédiatement.

Au bout de trois jours de séchage et de durcissement, la mise en précontrainte partielle à mi-charge des câbles transversaux permettait le décoffrage du voussoir sans que le béton subisse d'efforts d'extension.

Le décoffrage d'un voussoir était une opération rapide et aisée ne nécessitant qu'un minimum d'effort humain en raison du dispositif à compas et vérins à vis prévu. Le décollage des coffrages, très progressif, se produisait à partir des angles supérieurs et se propageait vers le bas sans à-coups, donc sans risques de fissuration du béton encore jeune.

Enfin, le roulage des coffrages intérieurs et extérieurs libérait le premier voussoir en prenant position à l'emplacement du second (fig. 22).

Les mêmes opérations de ferrailage, bétonnage, décintrement, décoffrage, effectuées par des équipes spécialisées, sous la conduite d'un petit groupe d'européens eux-mêmes attachés à des opérations bien définies et en nombre très limité, se poursuivaient ainsi pendant un mois.

Le dernier voussoir décoffré (fig. 23), la poutre entraînait en phase de définition tandis que les coffrages extérieurs puis intérieurs passaient immédiatement

sur la seconde aire prête à le recevoir avec radier entièrement ferrailé.

L'achèvement d'une poutre comportait :

- la mise en tension définitive des câbles transversaux en commençant par les premiers exécutés ;

- la mise en tension des câbles longitudinaux en prenant appui sur les voussoirs extrêmes dont le béton était le plus résistant ;

- l'injection de l'ensemble des câbles ;

- l'enrobage des têtes d'ancrage dans la poutre raidisseuse (fig. 24).

b) Transport et mise en place.

1°. Ripage transversal (fig. 25)

Le ripage transversal était effectué aussitôt après la mise en tension définitive des câbles longitudinaux de précontrainte afin de libérer l'aire de préfabrication et de permettre le ferrailage du radier de la poutre suivante.

Cette opération comportait d'abord le soulèvement de la poutre en appui direct sur des sabots de glissement en azobé raboté et imprégné de graisse spéciale (fig. 26). La poutre était ensuite poussée sur les longrines de ripage par deux vérins de 100 t alimentés par pompes électriques et prenant appui sur un dispositif de butée ancré dans la longrine elle-même et transférable au fur et à mesure de l'opération de ripage par étapes de 4 m.

Le chemin de ripage était constitué par une longrine en béton armé épanouie en semelle de répartition à la base et recouverte par une tôle de glissement de 5 mm d'épaisseur. L'effort de glissement développé correspondait, au début du mouvement, à un coefficient de frottement de l'ordre de 0,15 à 0,20.



FIG. 23. — Poutre terminée sur aire de préfabrication.

2° Ripage longitudinal.

Le deuxième mouvement de translation, orthogonal au premier, utilisait les mêmes dispositifs de ripage transférés longitudinalement sous la poutre au cours d'une reprise de charge par quatre vérins.

Ce déplacement s'effectuait jusqu'à une culée dite « d'embarquement », amenant la poutre en porte à faux de 5 m environ au-dessus de l'eau. Alors un chaland de 500 t, renforcé pour recevoir 400 t concentrées en son milieu, s'engageait sous la poutre pour la prendre en charge au droit du cadre d'about.



FIG. 24. — Poutre terminée vue en bout.

PLAN D'INSTALLATION DE CHANTIER

ENSEMBLE

LAGUNE

aires de préfabrication des poutres

SENS D'AVANCEMENT DES TRAVAUX

TRIECHVILLE

centrale à béton

FIG. 25. — Installation de chantier. Phases de déplacement des poutres.

Cette opération étant effectuée par ballastage et déballastage à l'eau du chaland, la poutre se trouvait alors apte à poursuivre son déplacement jusqu'à ce que le dispositif de ripage arrière atteigne à son tour l'extrémité de la culée d'embarquement.

Cette position de la poutre constituait éventuellement une position de stockage permettant le ripage transversal d'une deuxième poutre également en attente de lancement.

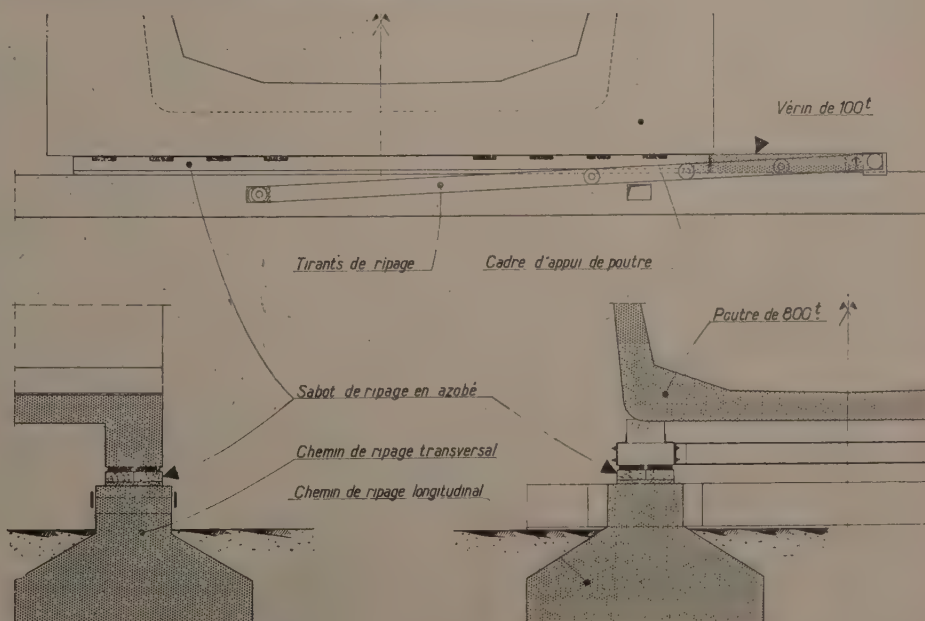


FIG. 26. — Dispositif de ripage des poutres de 800 t.

3° Transport sur chaland (fig. 27).

Après cette phase de transition où la poutre conservait encore un appui terrestre, un deuxième chaland de 500 t entra en action. Il s'engageait sous la poutre immédiatement derrière le premier et, prenant ainsi le relai, permettait au premier chaland de se dégager et de venir prendre la poutre en charge à l'arrière, contre la culée d'embarquement.

L'ensemble de la poutre et des deux chalands était alors remorqué par deux vedettes au cours d'une manœuvre navale combinée avec le jeu des courants dus à la marée (fig. 28).



FIG. 28. — Poutre sur deux chalands.

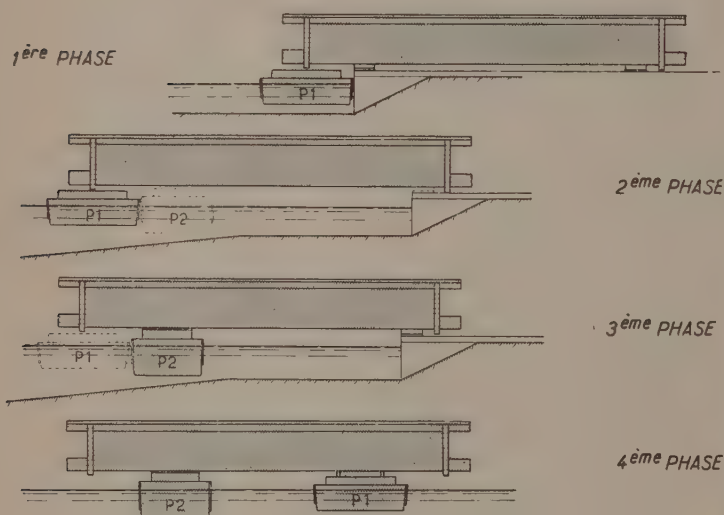


FIG. 27. — Phases de transport sur chalands.

La fin de l'opération de transport, contrôlée par des câbles frappés sur les treuils des chalands était une manœuvre délicate en raison de la précision de pose nécessaire à l'alignement des poutres.

L'étale de marée haute était mise à profit pour poser la poutre le plus haut possible sur des calages d'appui provisoires sur piles et faciliter le dégagement des chalands par ballastage (fig. 30).

Il convient de remarquer que, pendant le transport, la poutre comporte des porte à faux importants normalement incompatibles avec la distribution des efforts dans une poutre précontrainte. Nous avons eu recours à des câbles provisoires disposés au droit du hourdis supérieur pour rétablir un état de contrainte acceptable (fig. 29). Ces câbles, au nombre de huit étaient récupérés dès que la poutre retrouvait une disposition normale d'appui sur piles.

4° Levage.

Les poutres étant posées sur piles se trouvaient encore à 3 m en contre-bas de leur position définitive. Elles étaient par contre dans la position la plus favorable pour la transmission des efforts de louvoiement amenés par la passerelle métallique de l'installation de forage (fig. 30).



FIG. 29. — Poutre avec câbles de précontrainte provisoires.



FIG. 30. — Vue d'ensemble d'une poutre posée et d'une poutre levée.

Ce n'est donc que lorsqu'une deuxième série de deux poutres était posée dans la travée suivante que l'on procédait au levage des deux premières.

Le dispositif utilisé comportait (fig. 31) quatre vérins de 300 t disposés sous les extrémités des cadres d'appui aux abouts de la poutre et quatre cales de reprises immédiatement accolées aux vérins. Un guidage en profilés, solidaire d'un élément de fût de pile exécuté préalablement sur sa hauteur définitive, assurait le contreventement de l'ensemble tout au long de l'opération.

Un poste centralisé de commande et de contrôle du levage assurait l'alimentation des vérins en huile sous pression au moyen de pompes électriques.

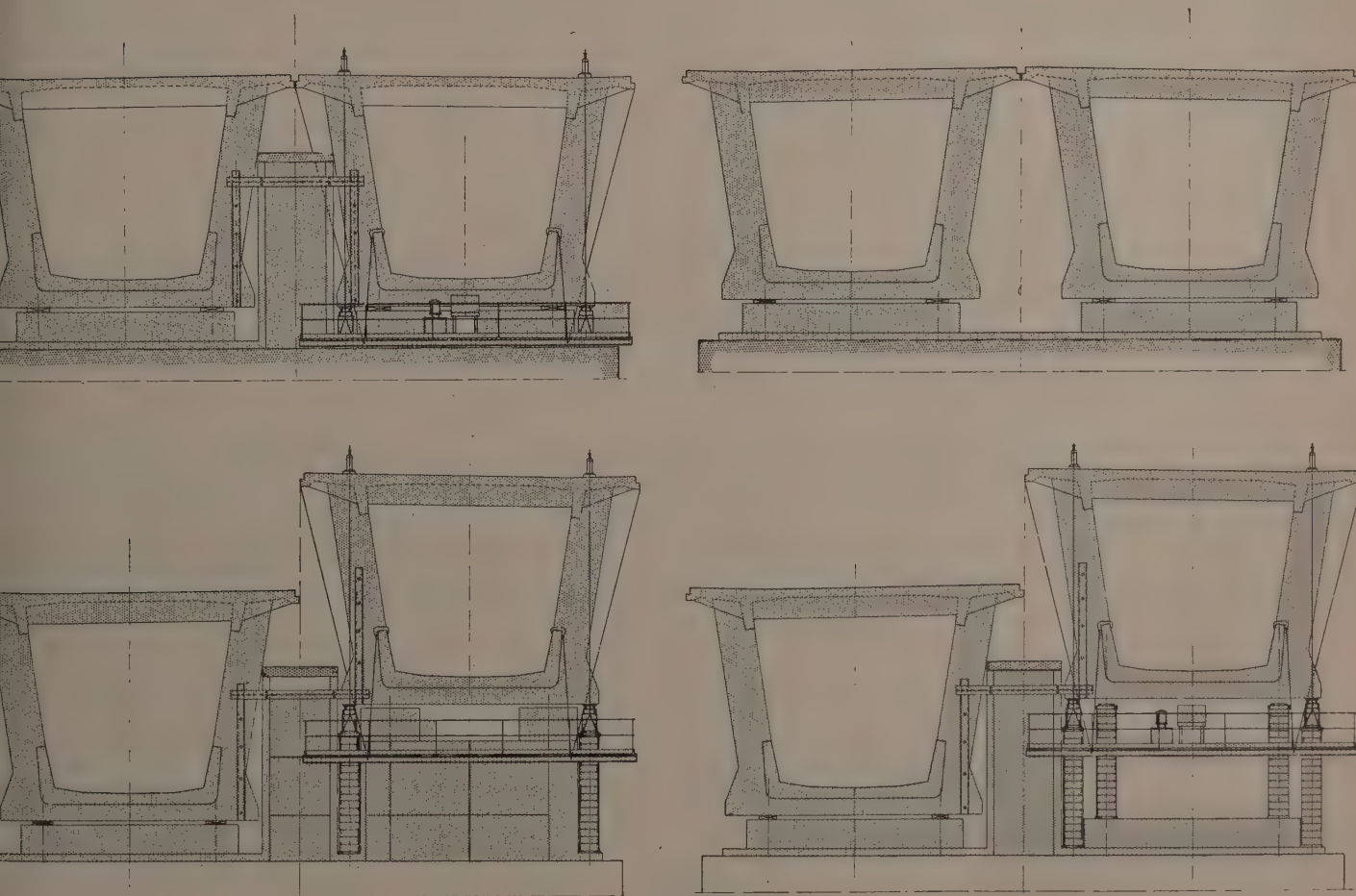


FIG. 31. — Dispositif de levage (quatre phases).

Au fur et à mesure du levage, les vérins et les cales de reprises étaient alternativement surélevées au moyen de cales annulaires métalliques de 18 cm de hauteur.

La poutre ayant atteint et même légèrement dépassé sa cote définitive, la pile de cales de reprise était éliminée et le fût de pile coulé en place jusque sous les sommiers d'appui définitif.

À la pose de ces sommiers préfabriqués réglés à la cote voulue succédait, après durcissement, la descente de la poutre sur ces appuis définitifs et l'enlèvement des vérins (fig. 32).

E. Coffres de fûts de pile et préfabriqués divers (fig. 11, p. 555).

Dans la hauteur des poutres, les fûts de pile masquent le cadre raidisseur d'appui des poutres. À cet effet, il affecte la forme d'un U et comporte un fruit égal à celui des âmes des poutres.

Difficiles à couler en place dans de bonnes conditions, ces éléments furent également préfabriqués par assises successives. Leur solidarisation est assurée par des tiges d'assemblage en acier scellées au coulis de ciment dans des orifices prévus au moulage.

La liste des éléments préfabriqués constituant l'ouvrage comporte encore :

— des dalles de 4 m de portée prenant appui sur des corbeaux filants à la base des poutres tubulaires et destinées à recevoir les canalisations diverses empruntant l'ouvrage;

— des dosserets et dalles de 6 cm d'épaisseur formant passerelles de circulation des agents du chemin de fer à l'intérieur des poutres tubulaires;

— les âmes raidisseuses des coffres sous trottoirs et piste eux-mêmes coulés en place;

— les potelets et la main courante des garde-corps;

— les bordures de sécurité encadrant la chaussée et coiffant les câbles d'alimentation des candélabres.

IV. TRAVAUX COMPLÉMENTAIRES DIVERS

Le pont d'Abidjan constitue avec ses abords un ensemble de plus de 1 km de long. En dehors de l'ouvrage en lagune, il comporte toute une gamme de travaux les plus divers, depuis les viaducs d'accès en béton armé de 88 m de longueur chacun exécutés sur échafaudages tubulaires et constituant des ouvrages déjà importants, jusqu'aux travaux de stabilisation des talus par gazonnage relevant de la technique agricole.

Signalons cependant les plus originaux.



FIG. 32. — L'ouvrage terminé.

FIG. 33. — Passage supérieur Faidherbe.



A. P. S. Faidherbe (fig. 33).

Cet ouvrage à trois niveaux de forme complexe se situe au nœud des voies routières côté Abidjan. Il est essentiellement conditionné par celles-ci et comporte en particulier un tablier supérieur en forme de diabolos de 22 m de portée maximum sur la rive et 16 m de portée minimum au centre. La dalle précontrainte sous chaussée comporte une épaisseur réduite à 67 cm.

B. P. S. central (fig. 34).

Le passage supérieur central situé à l'intersection des deux axes principaux de circulation sur la rive Treichville est un ouvrage de 16,00 m de portée constitué par une dalle précontrainte de 0,60 m d'épaisseur maximum. Il livre passage à la chaussée de 14 m encadrée de bordures de sécurité.

FIG. 35. — Passage supérieur du port.



C. P. S. du port (fig. 35).

Ce passage supérieur, donnant accès au port en franchissant la piste pour piétons et cyclistes et deux voies ferrées, a été constitué en béton armé classique avec utilisation d'échafaudages tubulaires.

D. P. S. du boulevard Lagunaire (fig. 36).

A la sortie des poutres tubulaires les voies ferrées franchissent le boulevard Lagunaire, sur la rive Abidjan sur un P. S. en béton armé classique à deux travées. La hauteur disponible pour la réalisation de la dalle était réduite à 43 cm pour franchir chaque demi-chaussée et trottoir sur 10 m, la voie a été posée sur selles d'appui en néoprène et trefondée sur crapauds élastiques. Il en est de même d'ailleurs sur les vingt premiers mètres

FIG. 34. — Passage supérieur central.



de chaque poutre tubulaire de rive. Sur le reste de l'ouvrage les voies sont posées sur ballast et traverses métalliques.

E. Place Lapalud (fig. 37).

Élément principal de distribution de la circulation automobile sur la rive Nord, la place Lapalud est également la porte d'Honneur de la Ville d'Abidjan.

FIG. 36. — Passage supérieur du boulevard Lagunaire.



FIG. 37. — Ensemble de la place Lapalud et passage supérieur Faidherbe.



Elle comporte :

- un ensemble de bâtiments administratifs en ailes encadrant le départ du boulevard Antonnetti;
- et un monument de 25 m de hauteur qui constitue la « dernière pierre » posée par l'Entreprise dans ce vaste ensemble de travaux (fig. 38).



FIG. 38. — Monument de la place Lapalud.

V. ÉLÉMENTS STATISTIQUES

A. Matériaux utilisés.

Dans l'ensemble de cet ouvrage ont été mises en œuvre les quantités de matériaux suivantes :

Aciers

- Acier mi-dur 650 t
- Acier TOR 1 100 t
- Acier extra dur des aciéries de Longwy $\varnothing 8$ calibré, $n'_e = 140 \text{ kg/mm}^2$, limite élastique n'_e portée à 120 kg/mm^2 par prétraction sur chantier : 366 t.

Ciment.

Les 28 000 m³ de béton (dont 9 000 m³ de béton précontraint) ont nécessité l'utilisation de :

- 13 000 t de ciment P M F n° 2 des Cimenteries de la Loirne;
- 400 t de ciment Portland;
- 500 t de ciment à la gaize.

Le gravillon et le sable de concassage provenaient de la carrière de granit de l'Aké-Befiat située à 50 km du chantier.

Les granulométries des différents bétons utilisés ont été étudiées préalablement en laboratoire, selon la méthode Vallette, en fonction de leur destination et de leur ferrailage.

Le dosage des agrégats a été effectué par pesée et le contrôle du béton a donné lieu à l'exécution de nombreux cubes 20/20/20 écrasés après un durcissement de 3,7,28 et 90 jours. Le ciment pouzzolano-métallurgique, approvisionné en sacs papier imperméables, en raison de sa sensibilité à l'humidité, était utilisé pour la première fois pour des ouvrages en élévation.

B. Effectifs du chantier.

Sur l'ensemble du délai contractuel d'exécution des travaux, la moyenne des effectifs a été de :

- 33 européens;
- 475 africains.

Ces effectifs ont atteint en pointe :

- 44 européens;
- 750 africains.

Le chantier de forage et de gainage des puits comportait, et de loin, la plus forte proportion d'européens, soit douze spécialistes répartis en deux postes de 12 heures.

L'équipe d'exécution des poutres réalisa 128 voussoirs identiques tandis que les 7 caissons de piles, totalisant 63 phases de bétonnage et de descente, furent exécutés par une équipe spécialisée. L'équipe de manutention se chargea des opérations de ripage, lançage, transport sur chalands et levage (16 suites d'opérations semblables). Les ouvrages annexes et les viaducs d'accès constituèrent de véritables chantiers indépendants d'importance moyenne au sein de ce vaste ensemble.

C. Délai d'exécution (fig. 39).

L'ordre de service de commencer les travaux ayant été donné le 20 août 1954, le délai contractuel s'achevait le 20 mars 1957 au bout de trente et un mois.

En fait, les épreuves de l'ouvrage eurent lieu le 8 avril 1957 et la mise en service de l'ouvrage principal le 20 mai 1957.

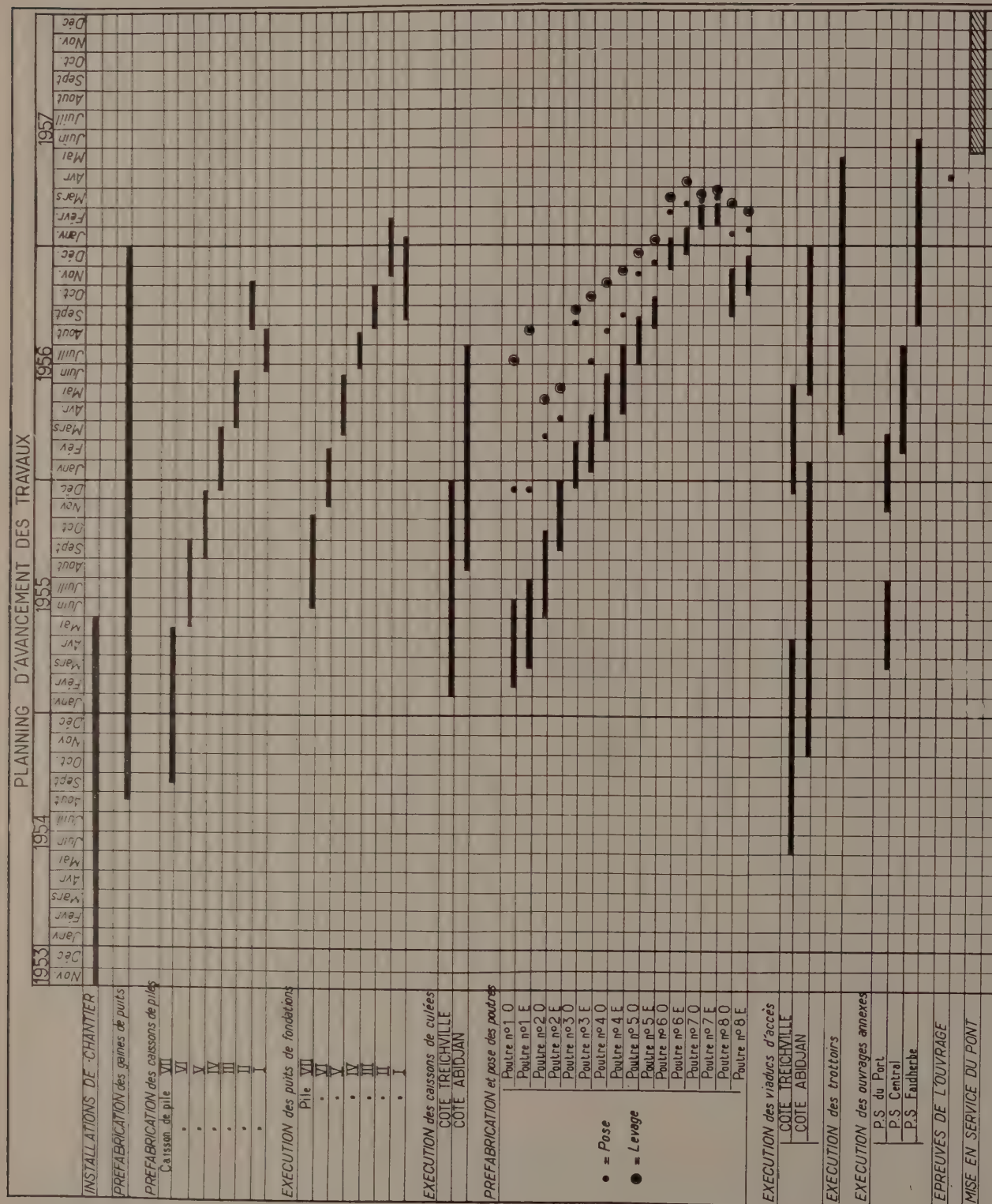


FIG. 39. — Planning d'exécution.

Les raccordements des différentes voies de circulation et les aménagements des abords se poursuivirent encore durant plusieurs mois pour aboutir à l'ouvrage complet.

Il est frappant de constater sur le planning d'exécution ci-dessus combien l'effet de répétition et l'entraînement des équipes jouent un rôle important! Après une période relativement longue d'installation, le premier élément réalisé consacre la mise au point du dispositif et du procédé, puis la cadence s'accélère et, après plusieurs répétitions, tend à se stabiliser. L'exécution des viaducs d'accès et des caissons de culées, ouvrages réalisés en place selon les méthodes classiques, ne présente pas ce caractère propre aux solutions par préfabrication et aux techniques nouvelles.

VI. CONCLUSION

Cet ouvrage constitue un ensemble urbanistique sans précédent sur le continent africain et susceptible de rivaliser avec les grands nœuds routiers américains bien connus.

Il résulte d'une étroite et confiante collaboration entre une Administration consciente de l'importance du problème posé, l'Architecte Urbaniste, l'Ingénieur-Conseil spécialiste en mécanique du sol et l'Entreprise.

Cet état d'esprit s'est prolongé dans toute la hiérarchie du groupe d'entreprises exécutant tant à Paris qu'à Abidjan et cela malgré la distance de 6 000 km séparant le chantier du bureau d'étude. Il est possible d'affirmer que cette collaboration si amicale est pour beaucoup dans la réussite finale.



FIG. 40. — Vue d'ensemble.

DISCUSSION

M. SÉCHAUD. — Je voudrais demander à M. Jean François s'il a prévu pour les couvre-joints de chaussée des dispositions particulières, étant donné le trafic.

M. FRANÇOIS. — Nous avons utilisé, pour la première fois, un dispositif conçu sur demande de l'Administration et en liaison avec elle; c'est un couvre-joint en caoutchouc. Il est constitué essentiellement par des cornières d'une forme spéciale, en acier moulé, comportant des pattes de scellement à forte adhérence, en acier Caron. Ce dispositif est mis en place en deux temps :

— avant bétonnage les cornières en acier moulé sont réglées dans les coffrages;

— après décoffrage et durcissement du béton, la pièce de caoutchouc est introduite librement dans le joint puis comprimée par introduction latérale d'un fer plat. La précontrainte ainsi réalisée permet au joint de s'ouvrir sans que la pièce de caoutchouc perde le contact des cornières et puisse s'échapper.

Ce système est en service depuis plus d'un an et il semble donner entière satisfaction. L'expérience est cependant encore un peu récente, l'avenir nous dira si c'est vraiment là le couvre-joint de l'avenir!

M. CHAZY. — Au cours du havage des piles, avez-vous eu des difficultés? Avez-vous eu d'importantes variations des quantités de déblais extraits par rapport à ce qui était prévu?

M. FRANÇOIS. — Le marnage était de ± 60 cm par rapport au niveau moyen; la vitesse maximum du courant de 1,50 m/s. Nous n'avons pas eu de difficultés pour implanter les pieux grâce à l'utilisation d'un tube guide métallique perforé afin de présenter moins de prise au courant. Ce tube guide d'une longueur de 8 m solidaire du caisson descendait pratiquement jusqu'au niveau de la vase liquide. Il permettait de donner au départ une inclinaison très correcte au tube de forage.

M. TOFANI. — Quel est le nombre de plans que l'ouvrage a suscité?

M. FRANÇOIS. — Nous avons fait 370 plans d'exécution concernant les éléments définitifs de l'ouvrage mais à ce nombre déjà impressionnant s'ajoutent les 200 plans relatifs aux dispositifs d'exécution. Et ces derniers ont demandé plus de matière grise encore que les plans des ouvrages proprement dits!

M. LE PRÉSIDENT. — Du côté des ciments, n'y a-t-il rien de particulier à signaler?

M. FRANÇOIS. — L'utilisation en élévation du ciment pouzzolano-métallurgique CPMF n° 2 était une large extension de son utilisation habituelle en fondation. Craignant qu'il ne donne une teinte trop sombre au béton, des essais préalables comparatifs furent effectués et ne révélèrent qu'une différence de teinte négligeable.

Les débuts de son utilisation donnèrent lieu cependant à certaines difficultés d'ordre technique. Les compositions du béton avaient été étudiées préalablement en laboratoire à Paris. Lorsque le chantier réalisa sur place des essais de bétonnage destinés à vérifier les conditions de mise en œuvre et de résistance de ces bétons, il constata un défaut notoire de maniabilité et des phénomènes de raidissement. Après une étude complémentaire effectuée sur place par un spécialiste, il fallait bien admettre que ce ciment nécessite une quantité d'eau de gâchage supérieure à celle d'un ciment Portland normal. Moyennant quoi son utilisation devint normale, les résistances obtenues restant correctes, malgré le supplément de dosage en eau.

Il convient cependant de noter que les phénomènes de raidissement observés se manifestaient encore de temps en temps sans que nous ayons pu finalement en trouver une explication valable. La chaleur de l'air, de l'eau, des agrégats, du ciment est peut-être à l'origine de ces anomalies de prise bien que les essais systématiques et les mesures de température n'aient pas permis de conclure formellement.

Tout ceci n'étant dit que pour mettre en garde les utilisateurs dans des circonstances comparables de climat et de résistances demandées aux bétons, nous devons reconnaître par ailleurs les qualités de résistance chimique de ce ciment et préciser que l'aspect du béton obtenu en élévation est tout à fait satisfaisant.

Le ciment Portland normal a été utilisé pour certains éléments de l'ouvrage et les bouchons coulés sous l'eau à la base des caissons de culée ont été réalisés avec du ciment à la gaize.

UN AUDITEUR. — Bien que cette intéressante conférence soit purement technique, serait-il indiscret de demander si vous avez établi un prix de revient au mètre cube de béton? Si je ne fais pas erreur, vous avez mis en œuvre 28 000 m³ de béton.

M. FRANÇOIS. — Exactement, mais le prix de revient global rapporté au mètre cube ne signifie rien en raison de la complexité de l'ouvrage et de la diversité des conditions de mise en œuvre. On pourrait certes faire la division du prix total par le nombre de mètres cubes. J'avoue que je ne me suis même pas livré à ce calcul tant il y a d'autres choses que du béton dans cet ouvrage.

M. LE PRÉSIDENT. — On peut toutefois préciser que le coût final du pont a été de l'ordre de 1 200 000 F C.F.A.; en comprenant les travaux annexes d'urbanisme on atteint environ 1 500 000 F C.F.A.

M. FRANÇOIS. — Certes mais cela comprend du gazon, des pieux, et d'autres natures de travaux dont l'importance par rapport au béton est loin d'être négligeable!

UN AUDITEUR. — Quelle a été la résistance du béton?

M. FRANÇOIS. — La moyenne était de 410 kg/cm² à 90 jours pour les bétons dosés à 375 kg de ciment pour ouvrages précontraints. Mais il est à noter qu'à cet âge le béton n'avait pas atteint son plafond de résistance. C'est là d'ailleurs une caractéristique des ciments pouzzolano-métallurgiques dont la résistance continue à croître avec le temps.

M. CARPENTIER. — Le pied des colonnes est-il élargi ou pas?

M. FRANÇOIS. — Le pied des colonnes comporte un habillage à l'aide d'une manche plastique sur 12 m, c'est-à-dire sur la hauteur de deux viroles préfabriquées. Le diamètre des différents éléments est uniforme sur toute la hauteur du puits. L'expansion de la base des puits, par injection des manches plastiques au mortier de ciment réalise l'élargissement de la base. A cet égard le film des travaux présenté dans la Salle des Ingénieurs Civils était très explicite.

M. TOFANI. — Je voudrais savoir s'il est prévu une ventilation pour les trains?

M. FRANÇOIS. — Pratiquement, jusqu'à la mise en service du nouveau pont, la traction des trains était à vapeur avec chauffe au bois. Cela donnait la nuit de beaux feux d'artifices d'escarilles de bois enflammé et, au début du film des travaux on peut remarquer que, contrairement à l'habitude, le train franchissant le pont provisoire comporte en premier non pas une locomotive mais un wagon chargé de bois, pour l'alimentation de celle-ci bien entendu!

Je suppose qu'à l'heure actuelle il n'y a plus que des locomotives Diesel électriques sur cette ligne.

Les gaz émis par ces locomotives étaient présumés nocifs pour le béton autant que pour les hommes. Cela nous a conduit à prévoir de larges ouvertures au droit des piles pour la ventilation sous l'action de balayage des convois par entraînement et effet de piston.

Votre remarque fort judicieuse, ne nous a donc pas échappé lors de la conception de l'ouvrage et en particulier lors du choix du ciment à utiliser pour l'exécution des poutres. C'est ainsi que nous avons donné la préférence au ciment pouzzolano-métallurgique en raison de sa bonne résistance à l'agression chimique des fumées.

M. BOYER. — Vous avez parlé de difficultés de havage, ou plutôt de difficultés pour enlever la gaine métallique. Est-ce que le havage lui-même est effectué d'une façon continue pendant 24 heures sur 24 ou bien aviez-vous des arrêts ?

M. FRANÇOIS. — Le havage des puits avec le matériel Bénoto était effectué sans interruptions mais il restait, en fin de havage et avant d'arracher le tube métallique, le temps nécessaire au gainage au moyen des viroles en béton et le remplissage en béton de la gaine préfabriquée. Les difficultés d'arrachage des tubes de forage ont été constatées lorsque, par suite de circonstances ou

d'incidents divers, la durée de ces opérations intermédiaires excédait une centaine d'heures. C'est ainsi que nous avons dû abandonner certains tubes dans des conjonctures défavorables amenant un fonctionnement défectueux des moyens d'arrachage précisément après une période d'attente excessive.

Il convient là encore de remarquer l'aspect « rentabilité » des choses. Une journée de délai perdue coûtait 600 000 F de frais généraux et prime perdue. Il valait mieux, dans certains cas, perdre une colonne métallique de plus de 2 millions que de chercher pendant huit jours le moyen de l'extraire !

M. POTREL. — Avez-vous eu des difficultés de remontée des matériaux ?

M. FRANÇOIS. — Pratiquement pas en ce qui concerne les forages des puits. Il n'était guère possible de mesurer le volume de vase molle ou de vase dure extrait afin de vérifier sa correspondance avec le volume engendré. Cependant nous n'avons jamais constaté de disproportion manifeste du temps d'extraction par rapport à la progression du pied de colonne. Cela probablement en raison de l'avance importante de la trousse coupante du tube de forage par rapport au niveau d'extraction dans les zones de terrain fluent.

CONCLUSION DU PRÉSIDENT

S'il n'y a pas d'autres questions je voudrais souligner de mon côté un des aspects de la réalisation. Quand on est sous l'impression à la fois de la clarté logique des conceptions et de l'élégance des solutions qui ressortent de l'exposé synthétique de M. Esquillan et de celui si pénétrant de M. Jean François, on pourrait imaginer que tout est relativement simple, mais il convient de faire un retour sur le passé et de considérer que l'on opère en Afrique, dans un pays qui, économiquement parlant, n'existait pas il y a une trentaine d'années — car, au fond, Abidjan a pratiquement débuté vers 1928-1930 ; j'ai assisté à sa naissance, ce n'est pas très lointain —. Or on sait toutes les difficultés qu'en pareille matière on peut déjà rencontrer dans une Métropole bien équipée, mais ici s'y ajoutent toutes celles résultant du fait que dans un pays neuf on n'a pas toujours tout sous la main ; ceci dit sans l'ombre d'une critique bien entendu et bien qu'Abidjan soit déjà une grande ville, ne serait-ce que par le nombre d'automobiles qui y circulent et le nombre d'habitants, soit environ 200 000 qui l'habitent.

L'éclat du succès ne doit pas non plus nous voiler la somme d'idées et d'efforts et de mises au point qu'il a fallu provoquer, ajuster, coordonner, d'une part, pour aboutir à l'heureuse conception finale du pont, ce qui a nécessité de multiples échanges de vues entre l'Administration, les entreprises concurrentes et l'entreprise choisie, et d'autre part, pour assurer convenablement l'exécution en faisant intervenir constamment des techniques nouvelles, ce qui a pu être obtenu grâce à un merveilleux esprit d'équipe qui ne s'est jamais démenti, aussi bien à l'intérieur de l'entreprise — où

cet esprit est une règle d'or traditionnelle et féconde — qu'à l'extérieur de celle-ci. Et je fais allusion ici à toutes les entreprises, tous les organismes et toutes les personnalités qui ont apporté leur collaboration. On ne peut pas notamment ne pas citer la Société Française d'Entreprises de Dragages et de Travaux Publics et sa filiale, la Société pour la construction du port d'Abidjan, animées par le grand chef d'entreprises qu'est M. Rigal et, sur place, par M. Thierry, personnalité unanimement estimée. Leur concours a été extrêmement précieux et aussi efficace qu'amical.

Un rare esprit d'équipe a également présidé aux relations avec les architectes et les urbanistes, c'est-à-dire avec les Cabinets « Badani et Roux-Dorlut » et « Lagneau et Weil ».

Il en est de même en ce qui concerne la firme « Benoto » dont vous avez vu que le rôle a été capital pour les fondations et c'est un des points que je souligne particulièrement, car la bonne entente a été un facteur du succès pour l'application d'une technique nouvelle. Il fallait atteindre le sol dur à 70 m de profondeur au-dessous de l'eau ; c'était évidemment un des points sur lequel on a médité très longuement avant de se décider. Dès qu'on a fait appel à Benoto, immédiatement les dirigeants se sont mis en quatre. Le Président, M. Allard s'est notamment ingénié à mettre au point la technique qui a permis de faire des puits inclinés. Or, c'était la première fois que l'on faisait des puits inclinés de ce genre et ceci est tout à l'honneur de ceux qui les ont conçus ou qui ont eu l'audace d'accepter cette technique, tant du côté administratif que du côté de l'entreprise. On peut certainement prédire que cette

technique aura désormais beaucoup d'autres applications.

M. Pommier me disait, il y a quelques semaines, le succès qu'a eu récemment le matériel Benoto aux États-Unis où, à Chicago, dont le sous-sol est très médiocre, il a triomphé des méthodes locales pour les fondations des grands buildings; les Américains, qui opéraient encore par puits creusés à la main, ont d'ailleurs été stupéfaits de voir qu'on pouvait faire beaucoup mieux et plus vite, avec beaucoup moins de personnel. Il semble bien que le succès croissant des puits Benoto pour la fondation des grands ouvrages, et surtout quand ces puits doivent être profonds, comme à Abidjan, réside essentiellement dans la mise au point de la technique du louvoisement qui facilite la pénétration des tôles et permet ensuite leur récupération.

Du côté des ciments, j'ai retenu pour ma part l'intérêt de la méthode spéciale de bétonnage sous l'eau et l'emploi de la pouzzolane métallurgique qui résiste aux émanations sulfureuses et sulfuriques des Diesel.

Enfin en ce qui concerne le bel ensemble d'urbanisme auquel je faisais allusion au début, vous avez pu constater qu'il constitue bien un des points extrêmement remarquable de la réalisation et qu'il est très rare, même en France, de rencontrer pareille ordonnance dans les circuits de circulation, avec cheminement séparés non seulement pour les trains et les automobiles, mais aussi pour les cyclistes et les piétons.

On ne peut véritablement que louer les animateurs de cette réussite qui fait honneur à l'Administration de la Côte d'Ivoire dont le grand artisan en l'espèce, l'homme qui a porté les responsabilités est M. Millier, Directeur puis Ministre des Travaux Publics.

Il convient également d'honorer tous ceux qui ont travaillé sur le tas. Les hommes de chantier, que j'ai vus à la tâche sur place à l'extérieur ou à l'intérieur de l'entreprise, ceux qui ont eu le souci journalier de la Direction à Abidjan, M. Houdin, le Directeur responsable, et parallèlement M. Thierry, dont j'ai indiqué

le rôle précédemment, M. Ferre, Directeur du chantier; ils ne sont pas là pour recevoir les compliments mais je les fais quand même car il les méritent; je les ai vus à l'ouvrage quand ils m'ont piloté au cours des travaux.

Je serai enfin votre interprète pour féliciter M. Jean François de son action créatrice et le remercier de sa belle conférence qui a mis en relief tous les points techniques intéressants; nos félicitations iront aussi à M. Esquillan pour la réussite de cette œuvre magnifique dont il a si bien exposé précédemment les traits généraux et qui fait honneur à toute la Société Boussiron et à son Président-Directeur Général, ici présent, M. Jacques Fougerolle. Tout le monde sait de quoi est capable M. Fougerolle dans tous les domaines. Nous sommes heureux ici de le saluer tout particulièrement et de le féliciter très chaleureusement.

Je voudrais souligner combien la réalisation d'œuvres telles que le pont d'Abidjan s'inscrit en faux contre certaines allusions perfides ou attaques parfois violentes lancées dans la presse nationale ou internationale à propos des investissements français Outre-Mer. On parle — bien légèrement — de gaspillage, de politique à courte vue, de travaux non rentables, etc.; c'est l'œuvre du Fides qui est ainsi souvent visée.

Il convient au contraire de rendre hommage au Fides qui a permis des réalisations telles que celle du pont d'Abidjan. Contrairement à ce que pourraient croire — de loin — certains esprits superficiels, nous avons vu qu'il correspondait à une nécessité absolue et que sans lui un riche pays risquait d'être économiquement étranglé.

Il en est presque toujours de même pour les grands ouvrages que la malignité humaine a vite fait de traiter d'œuvre de prestige. Évitions donc ce mot parce que ce serait, dans une certaine mesure, risquer de dénaturer le rôle d'utilité et d'intérêt de ces ouvrages. Disons simplement que nous pouvons en être fiers; ils font honneur à la technique française et nous pouvons en être reconnaissants à tous leurs artisans tant au point de vue conception qu'au point de vue de l'exécution.

(Fig. 5, 7, 9 a, 9 b, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 21, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 31, 35, 39 et 40 : clichés "Travaux")

(Fig. 2, 3, 4, 6, 33, 36, 37 et 38 : clichés I. C. F.).

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

(Reproduction interdite.)

JUIN 1959

Douzième Année, N° 138

Série : THÉORIES ET MÉTHODES DE CALCUL (35)

TORSION DES PROFILS CYLINDRIQUES OUVERTS

APPLICATION AUX SHEDS EN BÉTON ARMÉ

par

M. L. HAHN,

Chef du Bureau d'Études de l'Entreprise Dumez.

RÉSUMÉ

Lorsqu'une pièce cylindrique est soumise à un effort de torsion, les déformations de torsion pure, dont les contraintes de cisaillement sont désignées par *contraintes primaires*, entraînent des contraintes longitudinales de traction et de compression, dans le sens des génératrices droites du cylindre, et par voie de conséquence des cisaillements appelés *contraintes secondaires* pouvant équilibrer un moment de torsion important.

L'auteur reprend cette question déjà étudiée par Timoshenko mais il la traite d'une manière beaucoup plus détaillée, surtout en vue de l'application aux sheds en béton armé.

Après un rappel de la théorie de Saint-Venant appliquée aux sections de mince épaisseur, l'auteur donne les relations permettant de calculer la valeur du moment de torsion équilibré par les contraintes secondaires de cisaillement. Il détermine ensuite la torsion totale et le centre de torsion.

Ces différents résultats sont appliqués aux profils symétriques et aux profils en shed à directrice quelconque et parabolique.

Cette étude est complétée par une application numérique aux sheds construits à Amiens par la Société Dumez pour l'usine Dunlop.

SUMMARY

When a cylindrical element is subjected to torsion, the pure torsional deformations, including shearing stresses which are called *primary stresses*, cause longitudinal tensile and compressive stresses in the direction of the straight generatrices of the cylinder. These stresses, in turn, result in shearing stresses called *secondary stresses* which may balance a high torsional moment.

This subject has already been given attention by Timoshenko but the author here treats it in a far more detailed manner with an eye to the design of reinforced concrete saw tooth roofs.

After reviewing Saint-Venant's theory applicable to thin walled cylinders, the author establishes relationships which make it possible to determine the torsional moment balanced by secondary shearing stresses. Total torsion is then determined as well as the torsional center.

The method may be applied to symmetrical elements as well as to saw tooth roofs with any directrix, including parabolic directrices.

The article concludes with an example of an application of the method to the saw tooth roof constructed by the Société Dumez for the Dunlop factory at Amiens.

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

Au cours de la conférence du 28 janvier 1958 sur les sheds autoportants de l'Usine Dunlop à Amiens ⁽¹⁾, M. Hahn avait évoqué la méthode employée pour le calcul des sheds, en indiquant qu'il donnerait ultérieurement le détail de ces calculs.

C'est cette étude qu'il a bien voulu nous remettre que nous publions ; nous pensons que cet exposé théorique suivi d'une application pratique sera très utile aux ingénieurs qui auront à résoudre des problèmes analogues.

EXPOSÉ DE M. HAHN

INTRODUCTION

La résistance à la torsion des profils ouverts comprend deux termes bien distincts. Le premier concerne uniquement les cisaillements classiques qui peuvent être calculés immédiatement à l'aide de la théorie de Saint Venant. A cet effet le profil est développé et on obtient un rectangle dont la largeur est très faible par rapport à sa longueur.

Supposons qu'une pièce cylindrique soit astreinte à certaines liaisons, par exemple une console encastrée à une extrémité ou une pièce appuyée aux deux extrémités et dont les sections d'appui ne peuvent pas tourner dans leurs plans verticaux. Dans ce cas les déformations de torsion pure, dont les contraintes de cisaillement seront désignées par *contraintes primaires*, entraînent des contraintes longitudinales de traction et de compression, dans le sens des génératrices droites du cylindre, et par voie de conséquence des cisaillements que nous appellerons *contraintes secondaires*, et qui peuvent équilibrer un moment de torsion important.

Ces contraintes ont été signalées à une époque relativement récente. R. Leduc, dans sa thèse de doctorat « Contribution à l'étude des poutres prismatiques ⁽²⁾ », semble les avoir ignorées car il indique dans sa thèse : « Un prisme creux de mince épaisseur, dont la section transversale est une section ouverte est incapable de résister à un moment de torsion ».

L'étude la plus complète des contraintes secondaires a été publiée par Timoshenko en 1945 dans le « Journal of the Franklin Institute ⁽³⁾ ».

Nous la reprenons d'une manière plus détaillée, surtout en vue de l'application aux sheds en béton armé. Par ailleurs nous avons emprunté certaines notations très commodes dans l'ouvrage de Lundgren « Cylindrical Shells » soit :

$$\xi, S_{\xi}, I_{\xi}, I_{\xi x}, I_{\xi y},$$

dont la signification sera indiquée dans le texte qui suit. Donnons un court aperçu des différents chapitres qui suivent.

Dans le chapitre I, nous rappelons la théorie de Saint-Venant appliquée aux sections de mince épaisseur.

⁽¹⁾ Hahn. L'usine Dunlop à Amiens. Sheds auto-portants en béton armé. Annales ITBTP, n° 129 septembre 1958 (BBA 48).

⁽²⁾ Bulletin technique des services techniques de l'Aéronautique, juin 1929.

⁽³⁾ Voir traduction dans l'Ossature métallique (juillet-août 1947).

Dans le chapitre II nous établissons les relations qui permettent de calculer la valeur du moment de torsion pouvant être équilibré par les contraintes secondaires de cisaillement. Dans le chapitre III, nous indiquons le moment de torsion total équilibrant les cisaillements primaires et secondaires.

Dans le chapitre IV nous indiquons les relations permettant de calculer les angles de rotation de torsion.

Dans le chapitre V nous déterminons la position du centre de torsion du profil. Ce centre est indispensable, car il permet le calcul des flèches dues à la torsion.

En effet tous les centres de torsion sont situés sur un axe parallèle aux génératrices du cylindre, et toutes les rotations s'effectuent autour de cet axe qui reste fixe.

Le chapitre VI donne les relations qui permettent de passer d'un axe de rotation fictif à l'axe de rotation réel. Cette opération est très utile, premièrement pour déterminer l'axe de rotation réel et deuxièmement pour déterminer les caractéristiques du profil.

Le chapitre VII concerne des applications à des profils symétriques. L'article 7.32 donne lieu à une remarque importante :

les déformations d'un profil symétrique parabolique, dues aux contraintes primaires calculées suivant la théorie de Saint-Venant, sont plus de deux fois plus grandes que celles calculées, compte tenu des contraintes secondaires.

Le chapitre VIII concerne l'application à un profil en shed quelconque. On y détermine toutes les caractéristiques du profil dont la partie courbe, c'est-à-dire la voûte, est supposée parabolique par rapport à un axe fictif de rotation passant par le sommet de la parabole.

Enfin, le chapitre IX donne une application numérique complète aux sheds construits à Amiens pour l'usine Dunlop.

On y indique notamment le calcul des flèches dues à une surcharge uniforme appliquée au fond du cheneau. Cette surcharge détermine donc un moment de torsion important. La comparaison avec les flèches mesurées sur place donne des résultats à peu près satisfaisants. On y indique également le moment de torsion dû aux charges permanentes qui est sensiblement plus faible que celui déterminé d'une manière approximative lors de l'établissement du projet. Dans ces derniers calculs, nous avons séparé le voile du cheneau et de la nervure.

Le moment de torsion pris en compte était dû au voile seulement. Les poids propres du cheneau et de la nervure introduisent des moments de torsion de sens contraire qui soulagent sensiblement le moment de torsion dû au voile. D'autre part, le centre de torsion de l'ensemble du profil est très différent de celui du voile.

Signalons également la différence considérable entre les déformations de torsion calculées, d'une part compte tenu uniquement des contraintes primaires, d'autre part compte tenu des contraintes primaires et secondaires. Les premières sont douze fois plus grandes que les secondes.

I. — EFFORTS PRIMAIRES

On assimile le profil à un rectangle droit mince résultant du développement du profil ⁽¹⁾.

La contrainte de cisaillement t_1 (fig. 3) est donnée par l'expression :

$$t_1 = \frac{3 e \tau_1}{\int_A^B e^3 ds} \quad (1)$$

et l'angle de torsion unitaire, c'est-à-dire la dérivée par rapport à z de l'angle de torsion, par l'expression :

$$\theta = \frac{d\varphi}{dz} = \frac{3 \tau_1}{G \int_A^B e^3 ds} \quad (2)$$

où :

τ_1 = moment de torsion (fig. 1 et 2);
 G = module d'élasticité au cisaillement;
 e = épaisseur du profil, supposée variable;
 ds = longueur d'un petit élément de profil.

Les fonctions donnant les déformations d'un point quelconque du profil sont les suivantes, d'après la solution de Saint Venant.

Premièrement, chaque point M du profil tourne autour du centre de torsion C , dont la signification sera rappelée ultérieurement, d'un angle θz dans le sens de x vers y , si θ est positif. Il en résulte un déplacement de M le long de la tangente au profil et suivant le sens positif de s (fig. 2), égal à :

$$\overline{MM_1} = r\theta z \quad (3)$$

où r est la distance du centre de torsion à cette tangente.

Deuxièmement, ce même point M se déplace d'une quantité w dans le sens positif de l'axe z . w résulte des relations suivantes :

$$\frac{\partial w}{\partial x} = \frac{t_{xz}}{G} + \theta y \quad (4)$$

$$\frac{\partial w}{\partial y} = \frac{t_{yz}}{G} - \theta x \quad (5)$$

où t_{xz} et t_{yz} sont respectivement les composantes des cisaillements suivant les axes ox et oy .

Nous pouvons poser :

$$\begin{aligned} \frac{dw}{ds} &= \frac{\partial w}{\partial x} \frac{dx}{ds} + \frac{\partial w}{\partial y} \frac{dy}{ds} = -\frac{\partial w}{\partial x} \cos \alpha + \frac{\partial w}{\partial y} \sin \alpha \\ &= \frac{1}{G} (t_{yz} \sin \alpha - t_{xz} \cos \alpha) - \theta (y \cos \alpha + x \sin \alpha) \end{aligned}$$

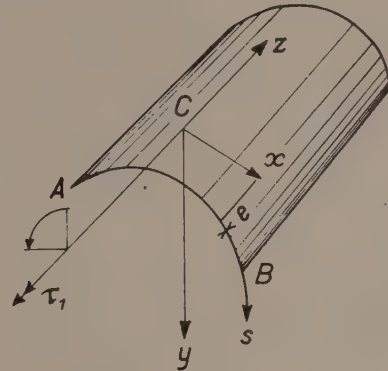


FIG. 1.

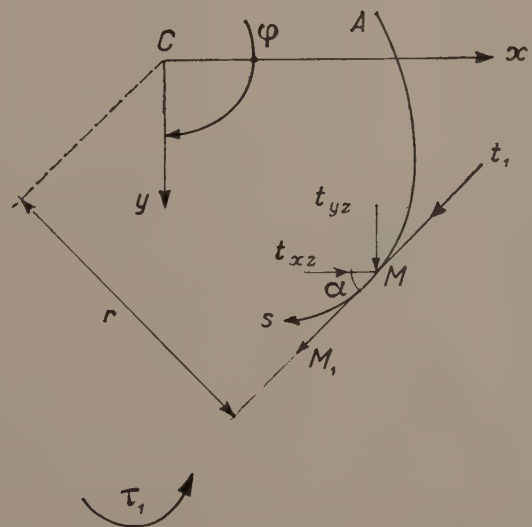


FIG. 2.

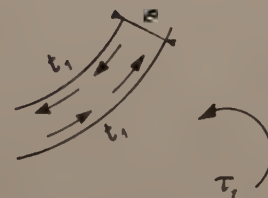


FIG. 3.

⁽¹⁾ Voir Théorie de l'Élasticité de Timoshenko, page 263. Édition Beranger 1936.

$$t_{yz} \sin \alpha - t_{xz} \cos \alpha = t_1,$$

$$y \cos \alpha + x \sin \alpha = r, \text{ d'où nous tirons :}$$

$$\boxed{\frac{dw}{ds} = \frac{t_1}{G} - \theta r} \quad (6)$$

L'ensemble des déplacements w constitue le gauchissement de la section, car w étant variable le long du profil, la section se tord, elle ne reste pas plane.

Dans l'axe du profil, les contraintes t_1 sont nulles, on a donc la relation fondamentale :

$$\boxed{\frac{dw}{ds} = -\theta r} \quad (7)$$

En intégrant à partir du point A, origine de s ,

$$w = -\theta \int_0^s r ds = -\theta \xi + k(z) \quad (8)$$

où k est une constante arbitraire indépendante de s et

$$\boxed{d\xi = r ds} \quad (9)$$

Une remarque importante est à faire : r sera positif (fig. 2), quand la rotation φ tend à déplacer un point 1 dans le sens positif de s . La rotation φ est positive quand elle tend à tourner l'axe ox vers l'axe oy .

II. — EFFORTS SECONDAIRES

La relation (8) montre que si w n'est pas fonction de z , les fibres longitudinales du profil ne subissent aucun allongement. Dans ce cas, il n'y aurait pas de contraintes secondaires et le moment de torsion serait équilibré uniquement par le couple τ_1 donné par la relation (1).

Mais, dans notre cas, w est fonction de z et il en résulte des contraintes longitudinales de traction n_z dirigées suivant l'axe oz :

$$n_z = E \frac{\partial w}{\partial z} \quad (10)$$

soit, compte tenu de la relation (8) :

$$n_z = E \left(\frac{dk}{dz} - \theta' \xi \right) \quad (11)$$

On peut également déterminer la relation (11) par des considérations géométriques.

Considérons le plan tangent en A au profil (fig. 4 et 5).

Le déplacement du point A projeté sur la tangente au profil est égal (fig. 6), à :

$$\eta = u \varphi \cos \alpha = r \varphi.$$

Considérons quatre points A, B, D, E situés sur un rectangle ds, dz . Après déformation, ces quatre points sont déplacés en A_1, B_1, D_1 et E_1 . Comme les cisaillements sont nuls dans le plan moyen AD du profil, le rectangle ABDE se déforme de telle façon que tous les angles se conservent; ils restent donc droits (fig. 5). Par conséquent, il y a des déplacements w le long de l'axe z , car η varie avec z . Les calculs qui suivent éclairciront mieux ces déplacements.

Soit w le déplacement du point A.

$$\overline{AA_1} = w.$$

Pour B, on aura :

$$\overline{BB_1} = w + \frac{\partial w}{\partial z} dz.$$

On a donc (voir figure 7) :

$$\overline{AB} + \overline{BB_1} = \overline{AA_1} + \overline{A_1B_1}$$

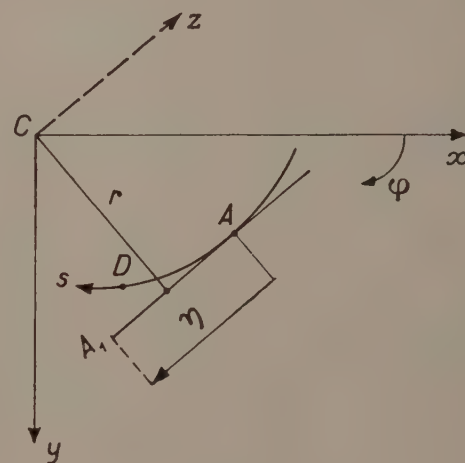


FIG. 4.

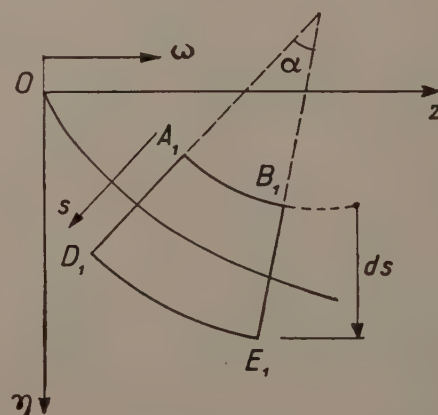


FIG. 5.

On vérifie que :

$$t_2(A) = t_2(B) = 0, \quad (17)$$

comme il se doit.

En comparant les figures 3 et 8, on constate que t_2 donne un moment de torsion de même sens que celui dû à t_1 .

Ces contraintes secondaires de cisaillement t_2 peuvent équilibrer un moment de torsion τ_2 (fig. 8) :

$$\tau_2 = \int_A^B t_2 e r ds = \int_A^B t_2 e d\xi = -E\theta'' \int_A^B \left[\frac{S_\xi(B)}{F} F(s) - S_\xi \right] d\xi,$$

$$\tau_2 = E\theta'' \left[I_\xi - \frac{S_\xi(B)}{F} \Phi(B) \right] \quad (18)$$

Où :

$$\Phi(s) = \int_0^s F(s) d\xi, \quad (19)$$

$$\Phi(B) = \int_A^B F(s) d\xi, \quad (20)$$

$$I_\xi = \int_A^B S_\xi d\xi \quad (21)$$

On peut écrire τ_2 sous une autre forme équivalente :

$$d\Phi(s) = F(s) d\xi = d[\xi F(s)] - \xi eds, \\ \Phi(B) = F\xi(B) - S_\xi(B), \quad (20 \text{ bis})$$

Donc :

$$\tau_2 = E\theta'' \left\{ I_\xi + S_\xi(B) \left[\frac{S_\xi(B)}{F} - \xi(B) \right] \right\} \quad (22)$$

Posons avec Timoshenko (voir ouvrage cité ci-dessus) :

$$D = \frac{S_\xi(B)}{F}, \quad (23)$$

Le facteur sous crochets du deuxième membre de la relation (22) peut se mettre sous la forme :

$$A = I_\xi - D^2F + 2DS_\xi(B) - \xi(B)S_\xi(B),$$

Compte tenu de l'identité :

$$dI_\xi - d(\xi S_\xi) = -e\xi^2 ds,$$

On a :

$$dA = -D^2dF + 2Dd[S_\xi] - e\xi^2 ds = -D^2eds + 2De\xi ds - e\xi^2 ds = -(D - \xi)^2 eds.$$

Nouvelle forme de τ_2 :

$$\tau_2 = -E\theta'' \int_A^B (D - \xi)^2 eds, \quad (24)$$

On retrouve la relation de Timoshenko indiquée dans la revue citée ci-dessus.

III. — TORSION TOTALE

Le moment de torsion τ est équilibré par les cisaillements t_1 et t_2 . On a donc :

$$\tau = \tau_1 + \tau_2.$$

Et compte tenu des relations (2) et (18) :

$$\tau = C\theta + E\theta'' \left[I_\xi - \frac{S_\xi(B)}{F} \Phi(B) \right] \quad (25)$$

où :

$$C = \frac{G}{3} \int_A^B e^3 ds \quad (26)$$

La relation (25) peut être mise encore sous la forme

$$\theta - a^2\theta'' = \frac{\tau}{C} \quad (27)$$

Où :

$$a^2 = \frac{D}{C} \quad (28)$$

$$D = E \left[\frac{S_\xi(B)}{F} \Phi(B) - I_\xi \right] \quad (29)$$

Il y a lieu de remarquer que les applications numériques montrent que D est toujours positif, ce qui justifie la relation (28).

IV. — RÉSOLUTION DE L'ÉQUATION DIFFÉRENTIELLE (27)

Nous examinons le cas d'un shed appuyé aux deux extrémités. Pour un mode d'appui différent, la résolution de l'équation différentielle est analogue et ne présente aucune difficulté.

Nous supposons en outre que le moment de torsion appliqué par unité de longueur dans le sens z est constant et égal à τ_0 (fig. 11). Par raison de symétrie, les réactions à chaque appui sont égales à $\tau_0 L$.

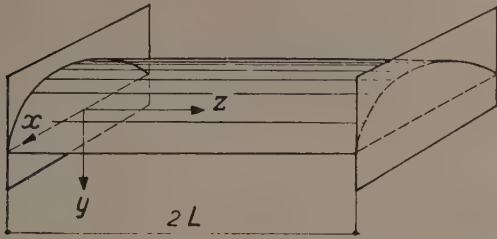


FIG. 9.

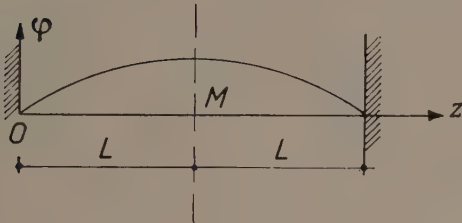


FIG. 10.

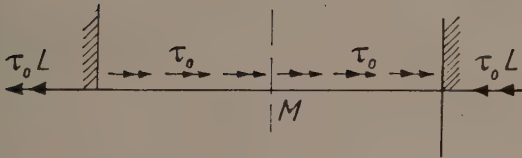


FIG. 11.

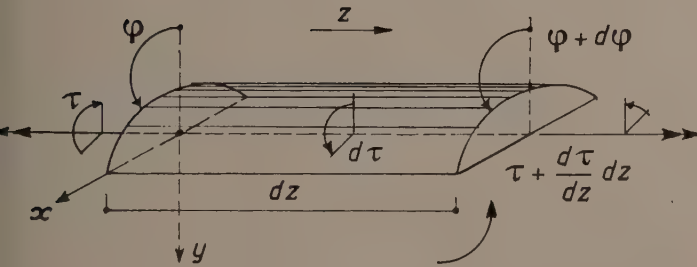


FIG. 12.

En disposant l'origine des z au droit d'un appui, on a pour une section quelconque :

$$\tau = \tau_0 L - \tau_0 z = \tau_0 (L - Z). \quad (30)$$

La solution de l'équation (27) est :

$$\theta = \frac{\tau_0 (L - Z)}{C} + k_1 ch \frac{z}{a} + k_2 sh \frac{z}{a} \quad (31)$$

$$\frac{d\theta}{dz} = -\frac{\tau_0}{c} + \frac{k_1}{a} sh \frac{z}{a} + \frac{k_2}{a} ch \frac{z}{a}, \quad (32)$$

Par raison de symétrie (fig. 10),

$$\theta(L) = \frac{d\theta}{dz} \Big|_{z=L} = 0,$$

D'autre part, en supposant que les appuis sont incapables de supporter les contraintes nz , on a, compte tenu de la relation (13)

$$\theta'(0) = \theta'(2L) = 0,$$

Soit :

$$k_1 ch \frac{L}{a} + k_2 sh \frac{L}{a} = 0$$

$$-\frac{\tau_0}{c} + \frac{k_2}{a} = 0$$

$$-\frac{\tau_0}{c} + \frac{k_1}{a} sh \frac{2L}{a} + \frac{k_2}{a} ch \frac{2L}{a} = 0.$$

Il en résulte :

$$k_2 = \frac{a\tau_0}{c},$$

$$k_1 = -\frac{a\tau_0}{c} th \frac{L}{a}.$$

Finalement, les relations (31) et (32) deviennent :

$$\theta = \frac{\tau_0}{c} \left[(L - Z) - \frac{a}{ch \frac{L}{a}} sh \left(\frac{L - Z}{a} \right) \right], \quad (33)$$

$$\theta' = \frac{\tau_0}{c} \left[\frac{1}{ch \frac{L}{a}} ch \left(\frac{L - Z}{a} \right) - 1 \right]. \quad (34)$$

Pour obtenir la valeur de l'angle de rotation de torsion φ , il faut intégrer la relation (33), soit :

$$\varphi = \frac{\tau_0}{c} \left[\frac{1}{2} (2L - Z) Z + \frac{a^2}{ch \frac{L}{a}} ch \left(\frac{L - Z}{a} \right) + k_3 \right].$$

La constante k_3 est déterminée par la condition :

$$\varphi(0) = \varphi(2L) = 0,$$

car on suppose qu'il ne peut pas y avoir de rotation au droit des appuis.

On a donc :

$$a^2 + k_3 = 0,$$

et φ est donné finalement par

$$\varphi = \frac{\tau_0}{c} \left\{ \frac{1}{2} (2L - Z) Z + a^2 \left[\frac{ch \left(\frac{L - Z}{a} \right)}{ch \frac{L}{a}} - 1 \right] \right\} \quad (35)$$

On vérifie que φ est symétrique par rapport au milieu M de la portée (fig. 10) :

$$\varphi(2L - Z) = \varphi(Z)$$

Transportons l'origine des z au milieu M de la portée (fig. 13) :

$$Z = L + Z_1$$

$$\varphi = \frac{\tau_0}{c} \left[\frac{(L^2 - Z_1^2)}{2} - a^2 \left(1 - \frac{ch \frac{Z_1}{a}}{ch \frac{L}{a}} \right) \right] \quad (36)$$

φ est maximum pour $z_1 = 0$; c'est-à-dire au milieu de la portée :

$$\varphi \text{ maximum} = \frac{\tau_0}{c} \left[\frac{L^2}{2} + a^2 \left(\frac{1}{ch \frac{L}{a}} - 1 \right) \right] \quad (37)$$

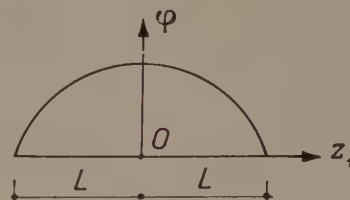


FIG. 13.

V. — CENTRE DE TORSION

Il est important de définir la position du centre de torsion (fig. 1 et 2). Nous allons appliquer deux méthodes.

5.1. Méthode du travail virtuel.

Nous envisageons des contraintes virtuelles agissant sur les fibres longitudinales parallèles à l'axe z :

$$n_z = y.$$

L'effort total virtuel N sur la section AB , (fig. 1), étant parallèle à l'axe z , donc également à l'axe de torsion (fig. 14), il n'y aura aucune rotation virtuelle de torsion. Le travail des contraintes réelles subissant ces déplacements virtuels, comprend le travail du moment de torsion τ , qui est nul, car il n'y a pas de rotation et le travail des contraintes réelles n_z . En négligeant le travail des cisaillements t_z , on a :

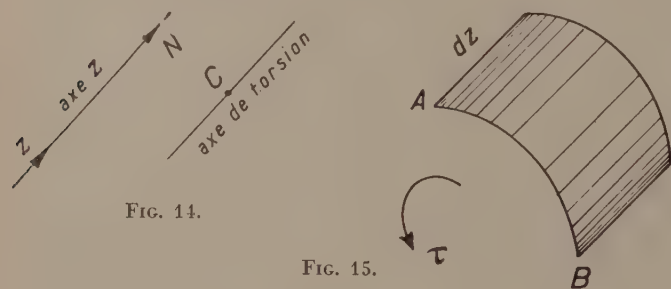


FIG. 14.

FIG. 15.

$$dz \int_A^B \frac{en_z n_z}{E} ds = 0.$$

Soit :

$$\int_A^B eyn_z ds = 0. \quad (38)$$

Par un raisonnement absolument analogue, on obtient :

$$\int_A^B exn_z ds = 0. \quad (39)$$

Les relations (38) et (39) développées donnent les coordonnées du centre de torsion.

Nous nous relions à une origine quelconque 0 (fig. 16). Compte tenu des relations (13) et (23), on a :

$$n_z = E\theta' (D - \xi), \quad (40)$$

Soit x_c et y_c les coordonnées du centre de torsion C , (fig. 16).

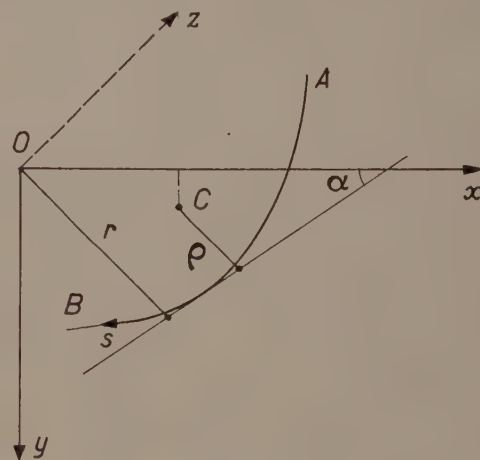


FIG. 16.

La relation (38) donne :

$$U = \int_A^B e (D - \xi) y ds = 0. \quad (41)$$

Où :

$$\xi = \rho ds.$$

Posons :

$$I_{\xi x} = \int_A^B e \xi y ds, \quad (42)$$

Compte tenu de la relation (23), la relation (41) devient :

$$U = DS_x(B) - I_{\xi x} = 0.$$

Soit :

$$UF = S_{\xi}(B) S_x(B) - FI_{\xi x} = 0, \quad (43)$$

et la relation (39) :

$$V = \int_A^B e (D - \xi) x ds = 0,$$

$$VF = S_{\xi}(B) S_y(B) - FI_{\xi y} = 0, \quad (44)$$

avec :

$$I_{\xi y} = \int_A^B e \xi x ds \quad (45)$$

$$S_x = \int_0^s e y ds \quad (46)$$

$$S_y = \int_0^s e x ds \quad (47)$$

D'autre part, nous pouvons écrire :

$$\rho = r - x_c \sin \alpha - y_c \cos \alpha \quad (48)$$

$$d\xi = \rho ds = r ds - x_c ds \sin \alpha - y_c ds \cos \alpha = d\xi_0 - x_c dy + y_c dx \quad (49)$$

$$\text{car } \frac{dx}{ds} = -\cos \alpha, \quad \frac{dy}{ds} = \sin \alpha.$$

$$d\xi_0 = r ds. \quad (50)$$

$$\xi = y_c (x - x_A) - x_c (y - y_A) + \xi_0, \quad (51)$$

$$S_{\xi}(B) = \int_A^B e \xi ds = y_c (S_y - x_A F) - x_c (S_x - y_A F) + S_{\xi_0}^0,$$

$$I_{\xi y} = \int_A^B e \xi x ds = y_c (I_y - x_A S_y) - x_c (I_{xy} - y_A S_y) + I_{\xi y_0}^0,$$

$$I_{\xi x} = \int_A^B e \xi y ds = y_c (I_{xy} - x_A S_x) - x_c (I_x - y_A S_x) + I_{\xi x_0}^0,$$

Où suivant les notations connues :

$$I_x = \int_A^B e y^2 ds, \quad I_y = \int_A^B e x^2 ds, \quad I_{xy} = \int_A^B e x y ds.$$

En définitive, les relations (43) et (44) deviennent :

$$UF = (S_x S_y - FI_{xy}) y_c + (FI_x - S_x^2) x_c + (S_x S_{\xi_0}^0 - FI_{\xi x}^0) = 0, \quad (52)$$

$$VF = (S_y^2 - FI_y) y_c + (FI_{xy} - S_x S_y) x_c + (S_y S_{\xi_0}^0 - FI_{\xi y}^0) = 0 \quad (53).$$

Les indices 0 signifient que les ξ sont comptés par rapport à l'origine 0 et non par rapport au centre de torsion C.

En résolvant les équations (52) et (53), on trouve :

$$\begin{aligned} x_c &= \frac{D_{b\xi}}{D} \\ y_c &= -\frac{D_{c\xi}}{D} \end{aligned} \quad (54)$$

Où :

$$D = \begin{vmatrix} F & S_x & S_y \\ S_x & I_x & I_{xy} \\ S_y & I_{xy} & I_y \end{vmatrix}, \quad D_{b\xi} = \begin{vmatrix} F & S_x & S_y \\ S_{\xi_0}^0 & I_{\xi x}^0 & I_{\xi y}^0 \end{vmatrix}, \quad D_{c\xi} = \begin{vmatrix} F & S_x & S_y \\ S_x & I_x & I_{xy} \\ S_{\xi_0}^0 & I_{\xi x}^0 & I_{\xi y}^0 \end{vmatrix} \quad (55)$$

Il est commode pour les applications d'envisager un système différent d'axes (fig. 16 bis). Les relations (54) et (55) deviennent dans ce cas :

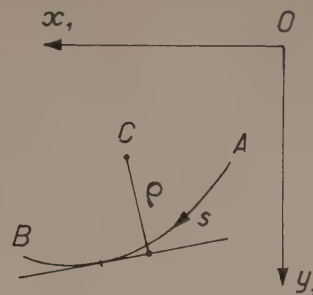


FIG. 16 bis.

$$\begin{aligned} x_{1c} &= -\frac{D_{b\xi}}{D_1} \\ y_{1c} &= +\frac{D_{c\xi}}{D_1} \end{aligned} \quad (54 \text{ bis})$$

$$\begin{aligned} D_1 &= \begin{vmatrix} F & S_{x1} & S_{y1} \\ S_{x1} & I_{x1} & I_{x1y1} \\ S_{y1} & I_{x1y1} & I_{y1} \end{vmatrix}, \quad D_{b\xi} = \begin{vmatrix} F & S_{x1} & S_{y1} \\ S_{\xi_0}^0 & I_{\xi x1}^0 & I_{\xi y1}^0 \end{vmatrix} \\ D_{c\xi} &= \begin{vmatrix} F & S_{x1} & S_{y1} \\ S_{x1} & I_{x1} & I_{x1y1} \\ S_{\xi_0}^0 & I_{\xi x1}^0 & I_{\xi y1}^0 \end{vmatrix} \end{aligned} \quad (55 \text{ bis})$$

Et, en remarquant que :

$$\begin{aligned} S_{x1} &= S_x, \quad S_{y1} = -S_y, \quad I_{x1} = I_x, \quad I_{x1y1} = -I_{xy}, \quad I_{y1} = I_y, \\ I_{\xi x1}^0 &= I_{\xi x}^0, \quad I_{y1\xi}^0 = -I_{y\xi}^0. \end{aligned}$$

On vérifie que les relations (54 bis) sont équivalentes aux relations (54), car :

$$D_1 = +D, \quad D_{b\xi} = +D_{b\xi}, \quad D_{c\xi} = -D_{c\xi},$$

$$x_{1c} = -\frac{D_{b\xi}}{D} = -x_c, \quad y_{1c} = -\frac{D_{c\xi}}{D} = +y_c.$$

5.2. Méthode directe.

La méthode directe consiste à déterminer les lignes d'action des résultantes des cisaillements dus à des sollicitations du profil à la flexion simple. L'intersection de ces lignes d'action donne la position du centre de torsion.

Dans ce cas les contraintes longitudinales n_x sont données par la relation connue :

$$n_x = a + by + cx, \quad (1)$$

où a, b, c sont des coefficients à déterminer par des équations d'équilibre.

On obtient :

a) Une première équation en écrivant que les efforts appliqués ont une résultante nulle suivant la direction z :

$$aF + bS_x + cS_y = 0, \quad (2)$$

b) Une deuxième en écrivant que les contraintes n_x équilibrent le moment M_x (fig. 17) :

$$\int_A^B n_x e y ds = aS_x + bI_x + cI_{xy} = +M_x, \quad (3)$$

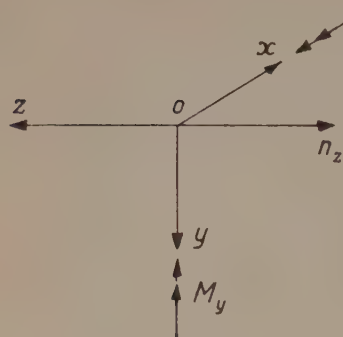


FIG. 17.

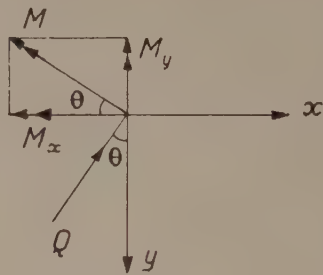


FIG. 18.

c) Une troisième analogue, concernant M_y :

$$\int_A^B n_z x ds = a S_y + b I_{xy} + c I_y = -M_y, \quad (4)$$

En résolvant les équations (2), (3), (4), par rapport aux coefficients a, b, c , on trouve :

$$Da = \begin{vmatrix} 0 & S_x & S_y \\ M_x & I_x & I_{xy} \\ -M_y & I_{xy} & I_y \end{vmatrix}, \quad Db = \begin{vmatrix} F & 0 & S_y \\ S_x & M_x & I_{xy} \\ S_y & -M_y & I_y \end{vmatrix},$$

$$Dc = \begin{vmatrix} F & S_x & 0 \\ S_x & I_x & M_x \\ S_y & I_{xy} & -M_y \end{vmatrix}.$$

ou :

$$\left. \begin{aligned} Da &= -d_1 M_x - d_2 M_y \\ Db &= +d_3 M_x + d_4 M_y \\ Dc &= -d_5 M_x - d_6 M_y \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

où D est donné par la relation (55) et les coefficients d_i par :

$$\left. \begin{aligned} d_1 &= S_x I_y - S_y I_{xy} \\ d_2 &= S_x I_{xy} - S_y I_x \\ d_3 &= F I_y - S_y^2 \\ d_4 &= d_5 = F I_{xy} - S_x S_y \\ d_6 &= F I_x - S_x^2 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Soit Q l'effort tranchant dirigé suivant une direction quelconque. Nous avons (fig. 18 et 19) :



FIG. 19.

$$Q = + \frac{dM}{dz}, \quad (7)$$

$$M_y = M \sin \theta, \quad (8)$$

$$M_x = M \cos \theta, \quad (9)$$

$$\frac{dM_y}{dz} = + Q \sin \theta, \quad (10)$$

$$\frac{dM_x}{dz} = + Q \cos \theta. \quad (11)$$

La relation (1) devient :

$$Dn_z = -(A - B_y + cz) M, \quad (12)$$

où :

$$\left. \begin{aligned} A &= d_1 \cos \theta + d_2 \sin \theta, \\ B &= d_3 \cos \theta + d_4 \sin \theta, \\ C &= d_5 \cos \theta + d_6 \sin \theta. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

En dérivant la relation (12), par rapport à z , on a :

$$D \frac{\partial n_z}{\partial z} = -(A - B_y + Cx) Q, \quad (14)$$

d'autre part, on a, suivant la figure 20 :

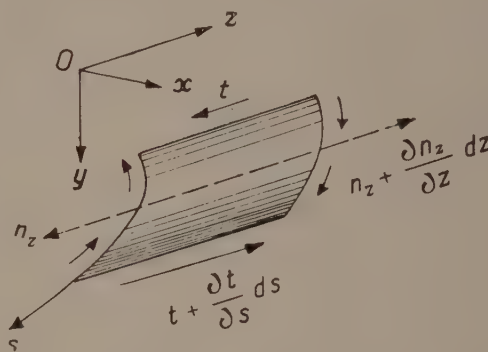


FIG. 20.

$$\frac{\partial (te)}{\partial s} + e \frac{\partial n_z}{\partial z} = 0,$$

soit :

$$Dte = -D \int_0^{1s} e \frac{\partial n_z}{\partial z} ds,$$

$$Dte = Q [AF(s) - BS_x(s) + CS_y(s)]. \quad (15)$$

On peut vérifier que t s'annule en A et B (fig. 1).

En A, la vérification est immédiate car $F(s)$, S_x et S_y s'annulent.

Pour le vérifier en B, dérivons par rapport à z les relations (5), compte tenu des relations 10, 11 et 13 :

$$D \frac{da}{dz} = -Q (d_1 \cos \theta + d_2 \sin \theta) = -QA,$$

$$D \frac{db}{dz} = +Q (d_3 \cos \theta + d_4 \sin \theta) = +QB,$$

$$D \frac{dc}{dz} = -Q (d_5 \cos \theta + d_6 \sin \theta) = -QC.$$

Dérivons également la relation (2) ci-dessus par rapport à z :

$$F \frac{da}{dz} + S_x \frac{db}{dz} + S_y \frac{dc}{dz} = 0,$$

soit, compte tenu des valeurs des dérivées de a, b, c , ci-dessus :

$$-AF + BS_x - CS_y = 0.$$

Donc t est bien nul en B.

Pour déterminer le centre de torsion C il suffit de poser la condition que la résultante des contraintes t passe par ce point.

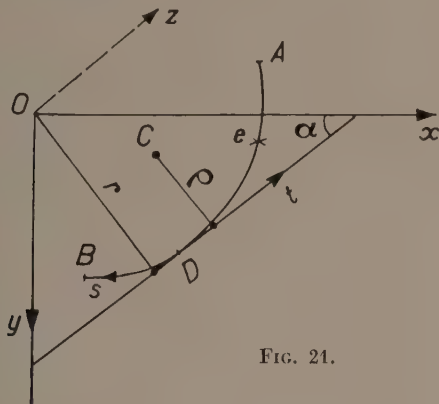


FIG. 21.

Soit :

$$\int_A^B t \rho ds = \int_A^B t d\xi = 0.$$

Et compte tenu de la relation (49) :

$$I = \frac{D}{Q} \int_A^B t d\xi = \int_A^B [AF(s) - BS_x(s) + CS_y(s)] [d\xi_0 - x_c dy + y_c dx] = 0. \quad (16)$$

Cette relation doit être satisfaite pour n'importe quelle valeur de l'angle θ (fig. 18). Considérons deux valeurs particulières.

$$1) \quad \theta = 0.$$

Les relations (13) donnent :

$$A = d_1, B = d_3, C = d_5,$$

La relation (16) devient, en supprimant l'indice 0 de ξ , pour abréger les écritures :

$$I_1 = \int_A^B [d_1 F(s) - d_3 S_x(s) + d_5 S_y(s)] [d\xi - x_c dy + y_c dx] = 0.$$

Intégrales partielles :

$$\int_A^B F(s) d\xi = \xi(B) F(B) - S_\xi,$$

$$\int_A^B S_x(s) d\xi = \xi(B) S_x - I_{\xi x},$$

$$\int_A^B S_y(s) d\xi = \xi(B) S_y - I_{\xi y},$$

$$\int_A^B F(s) dy = y_B F - S_y,$$

$$\int_A^B F(s) dx = x_B F - S_x,$$

$$\int_A^B S_x(s) dy = y_B S_x - I_x,$$

$$\int_A^B S_x(s) dx = x_B S_x - I_{xy},$$

$$\int_A^B S_y(s) dy = y_B S_y - I_{yy},$$

$$\int_A^B S_y(s) dx = x_B S_y - I_y,$$

I_1 devient :

$$I_1 = d_1 [\xi(B) F - S_\xi - x_c (y_B F - S_y) + y_c (x_B F - S_x)], \\ - d_3 [\xi(B) S_x - I_{\xi x} - x_c (y_B S_x - I_x) + y_c (x_B S_x - I_{xy})], \\ + d_5 [\xi(B) S_y - I_{\xi y} - x_c (y_B S_y - I_{yy}) + y_c (x_B S_y - I_y)] = 0.$$

Posons :

$$D = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix}.$$

D étant le déterminant, relation (55).

Et les déterminants mineurs de D étant représentés par la matrice :

$$D^r = \begin{bmatrix} A_1 & A_2 & A_3 \\ B_1 & B_2 & B_3 \\ C_1 & C_2 & C_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 & A_2 & A_3 \\ -d_1 & d_3 & -d_5 \\ d_2 & -d_4 & d_6 \end{bmatrix}.$$

Où :

$$d_1 = -B_1, d_2 = C_1, d_3 = B_2, d_4 = -C_2, \\ d_5 = -B_3, d_6 = C_3.$$

Les termes suivants sont nuls :

$$d_1 F - d_3 S_x + d_5 S_y = -(B_1 F + B_2 S_x + B_3 S_y) \\ - (B_1 a_1 + B_2 a_2 + B_3 a_3)$$

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_1 & a_2 & a_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix} = 0,$$

$$d_1 S_y - d_3 I_{xy} + d_5 I_y = -(B_1 c_1 + B_2 c_2 + B_3 c_3)$$

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix} = 0,$$

D'autre part :

$$d_1 S_x - d_3 I_x + d_5 I_{xy} = -(B_1 b_1 + B_2 b_2 + B_3 b_3) = -D, \\ - (d_1 S_\xi - d_3 I_{\xi x} + d_5 I_{\xi y}) = + (B_1 S_\xi + B_2 I_{\xi x} + B_3 I_{\xi y})$$

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ S_\xi & I_{\xi x} & I_{\xi y} \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix} = D_b \xi.$$

On a donc :

$$I_1 = D_b \xi - D x_c = 0, \quad x_c = \frac{D_b \xi}{D},$$

On retrouve la relation (54).

$$2) \quad \theta = \frac{\pi}{2}.$$

Les relations (13) deviennent :

$$A = d_2, B = d_4, C = d_6.$$

On obtient I_2 en remplaçant dans I_1 , d_1 , d_3 , d_5 , respectivement par d_2 , d_4 et d_6 .

Termes nuls de I_2 :

$$d_2 F - d_4 S_x + d_6 S_y = C_1 a_1 + C_2 a_2 + C_3 a_3 =$$

$$= \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ a_1 & a_2 & a_3 \end{vmatrix} = 0,$$

$$d_2 S_x - d_4 I_x + d_6 I_y = C_1 b_1 + C_2 b_2 + C_3 b_3 =$$

$$= \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix} = 0.$$

Les autres termes :

$$\begin{aligned} -(d_2 S_{\xi} - d_4 I_{\xi x} + d_6 I_{\xi y}) &= -(C_1 S_{\xi} + C_2 I_{\xi x} + C_3 I_{\xi y}) = \\ &= - \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ S_{\xi} & I_{\xi x} & I_{\xi y} \end{vmatrix} = -D_{c\xi}, \end{aligned}$$

$$-(d_2 S_y - d_4 I_{xy} + d_6 I_y) = -(C_1 c_1 + C_2 c_2 + C_3 c_3) = -D.$$

On a donc :

$$I_2 = -D_{c\xi} - Dy_c = 0, \quad y_c = -\frac{D_{c\xi}}{D},$$

On retrouve la relation (54).

VI. — CHANGEMENT D'AXES DES COORDONNÉES

Il est souvent commode pour certains profils de calculer les expressions en ξ par rapport à une origine O qui n'est pas le centre de torsion. Il importe de déterminer des formules nous permettant de passer de l'origine O au vrai centre C (fig. 21). Soit a et b les coordonnées du point C .

$$\rho = r - a \sin \alpha - b \cos \alpha, \quad (1)$$

$$d\xi = \rho ds = d\bar{\xi} - a dy + b dx, \quad (2)$$

$$\xi = \int_A^D d\bar{\xi} = \bar{\xi} - a(y - y_A) + b(x - x_A), \quad (3)$$

$$S_{\xi} = \int_A^D e \xi ds = \bar{S}_{\xi} - a S_x + b S_y + (ay_A - bx_A) F(s), \quad (4)$$

$$dI_{\xi} = S_{\xi} d\xi = [\bar{S}_{\xi} - a S_x + b S_y + (ay_A - bx_A) F(s)] (d\bar{\xi} - a dy + b dx),$$

Compte tenu de la relation (19) du chapitre II, des intégrales partielles de l'article 5,2 et des intégrales partielles suivantes :

$$\bar{S}_{\xi} dy = d[y \bar{S}_{\xi}] - y e \xi ds, \quad \bar{S}_{\xi} dx = d[x \bar{S}_{\xi}] - x e \xi ds,$$

on a :

$$\begin{aligned} I_{\xi} &= I_{\bar{\xi}} - 2bI_{\xi y} + 2aI_{\xi x} + (bx_B - ay_B) S_{\xi}, \\ &+ [-a\bar{\xi} + a^2(y_B + y_A) - ab(x_B + x_A)] S_x \quad (5) \\ &+ [b\bar{\xi} + b^2(x_B + x_A) - ab(y_B + y_A)] S_y, \end{aligned}$$

$$+ 2abI_{xy} - a^2I_x - b^2I_y + (ay_A - bx_A) \Phi + (ay_A - bx_A)(bx_B - ay_B) F,$$

Par rapport aux axes x_1, y_1 , de la figure 16 bis, article 5, nous avons :

$$C(a_1, b_1),$$

$$\begin{aligned} I_{\xi} &= \bar{I}_{\xi_0} + 2b_1 \bar{I}_{\xi y_1} - 2a_1 \bar{I}_{\xi x_1} + (a_1 y_{B_1} - b_1 x_{B_1}) \bar{S}_{\xi}, \\ &+ [a_1 \bar{\xi} (B) + a_1^2 (y_{B_1} + y_{A_1}) - a_1 b_1 (x_{B_1} + x_{A_1})] S_{x_1}, \\ &+ [-b_1 \bar{\xi} (B) + b_1^2 (x_{B_1} + x_{A_1}) - a_1 b_1 (y_{B_1} + y_{A_1})] S_{y_1}, \\ &+ 2a_1 b_1 \bar{I}_{x_1 y_1} - a_1^2 I_{x_1} - b_1^2 I_{y_1} + (b_1 x_{A_1} - a_1 y_{A_1}) \bar{\Phi} + \\ &+ (b_1 x_{A_1} - a_1 y_{A_1}) (a_1 y_{B_1} - b_1 x_{B_1}) F \quad (5 \text{ bis}) \end{aligned}$$

En remarquant que :

$$a_1 = -a, \quad b_1 = b, \quad y_{B_1} = y_B, \quad y_{A_1} = y_A, \quad x_{B_1} = -x_B, \quad x_{A_1} = -x_A,$$

$$I_{\xi y_1} = -I_{\xi y}, \quad I_{\xi x_1} = I_{\xi x}, \quad S_{x_1} = S_x, \quad S_{y_1} = -S_y,$$

$$I_{x_1 y_1} = -I_{xy}, \quad I_{x_1} = I_x, \quad I_{y_1} = I_y.$$

On vérifie que les relations (5) et (5 bis) sont équivalentes.

La relation (19) donne :

$$d\Phi = F(s) d\xi = F(s) [d\bar{\xi} - a dy + b dx],$$

$$\Phi = \bar{\Phi} - a(y_B F - S_x) + b(x_B F - S_y),$$

$$\Phi = \bar{\Phi} + (bx_B - ay_B) F + aS_x - bS_y.$$

VII. — APPLICATIONS. PROFIL SYMÉTRIQUE

7.1. Centre de torsion.

7.11. Profil quelconque.

O étant le centre de gravité du profil et Ox, Oy les axes principaux d'inertie du profil, nous avons dans ce cas :

$$S_x = S_y = I_{xy} = 0,$$

$$D = FI_x I_y,$$

$$D_{b\xi} = FI_x I_{\xi y},$$

$$D_{c\xi} = FI_x I_{\xi y},$$

ξ peut être mis sous la forme suivante :

$$\xi = \xi_D + \xi_1,$$

où :

$$\xi_D = \int_A^D d\bar{\xi} = \int_D^{B_1} d\bar{\xi},$$

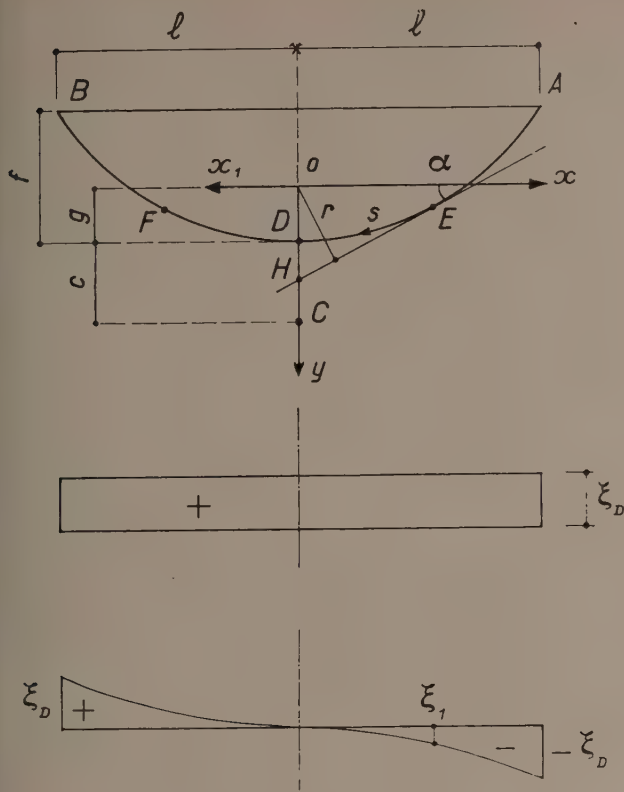


FIG. 22.

et ξ_1 est une fonction impaire (fig. 22)

$$\xi_1 = \int_E^D d\xi.$$

En effet, pour un point E :

$$\xi(E) = \int_A^D d\xi - \int_E^D d\xi = \xi_1(B) - \xi_1,$$

et pour un point F :

$$\xi(F) = \int_A^D d\xi + \int_D^F d\xi = \int_A^D d\xi + \int_E^D d\xi = \xi_1(B) + \xi_1.$$

Les valeurs de ξ en D et en B sont les suivantes :

$$\xi_D = \int_A^D d\xi = \xi_1(B), \quad (1)$$

$$\xi_B = \xi_D + \int_D^B d\xi = \xi_D + \int_A^D d\xi = \xi_1(B) + \xi_1(B) = 2\xi_1(B) \quad (2)$$

On a donc :

$$I_{\xi_e} = \int_A^B \xi e y ds = \xi_D S_y + \int_A^B \xi_1 e y ds,$$

et S_y étant nul :

$$I_{\xi_x} = \int_A^B \xi_1 e y ds.$$

Or $\xi_1 e y$ est une fonction impaire, car ξ_1 est une fonction impaire et $e y$ est une fonction paire.

Donc :

$$I_{\xi_x} = 0.$$

La relation (54) donne :

$$x_c = \frac{D_b \xi}{D} = \frac{I_{\xi_x}}{I_x} = 0,$$

comme il fallait s'y attendre.

On trouve également :

$$I_{\xi_y} = \xi_D S_y + \int_A^B \xi_1 e x ds = \int_A^B \xi_1 e x dx,$$

car S_y est nul.

I_{ξ_y} est négatif, car entre A et D ξ_1 est négatif et x positif, et entre D et B ξ_1 est positif et x négatif.

Donc :

$$y_c = -\frac{D_c \xi}{D} = -\frac{I_{\xi_y}}{I_y} > 0, \quad (3)$$

Le centre de torsion est donc en dessous du centre de gravité du profil.

Par rapport aux axes x_1, y_1 , de la figure 16 bis, article 5, nous avons :

$$y_{c1} = +\frac{D_{c1} \xi}{D_1} = +\frac{I_{\xi_{y1}}}{I_{y1}}, \quad (3 \text{ bis})$$

Or :

$$I_{\xi_{y1}} = -I_{\xi_y}, \quad I_{y1} = I_y,$$

Donc les relations (3 bis) et (3) sont équivalentes.

7.12. Profil parabolique.

7.121. Parabole fortement surbaissée $e = \text{constante}$.

Nous pouvons admettre dans ce cas (fig. 22)

$$ds = dx_1, \quad g = \frac{f}{3}, \quad x_1 = -x,$$

$$I_y = 2e \int_0^l x_1^2 dx_1 = \frac{2}{3} l^3 e,$$

$$d\xi = r ds = \overline{OH} \cos \alpha ds = \overline{OH} dx_1 = f \left(\frac{1}{3} + \frac{x_1^2}{l^2} \right) dx_1,$$

$$\xi = \int_A^F d\xi = \frac{f}{3} \left(2l + x_1 + \frac{x_1^3}{l^2} \right).$$

Nous pouvons vérifier que I_{ξ_x} s'annule :

$$I_{\xi_x} = \int_A^B \xi e y ds = e \int_A^B \xi y dx_1,$$

où :

$$y = g - f \frac{x_1^2}{l^2},$$

$$I_{\xi_e} = \frac{ef}{3} \int_{-l}^{+l} \left(2l + x_1 + \frac{x_1^3}{l^2} \right) \left(g - f \frac{x_1^2}{l^2} \right) dx$$

$$I_{\xi_x} = \frac{2ef}{3} \left| 2l^2 g - \frac{2}{3} f l^2 \right| = 0,$$

$$\text{car} \quad g = \frac{f}{3},$$

$$I_{\xi y} = e \int_A^B \xi x dx_1 = -e \int_A^B \xi x_1 dx_1,$$

$$I_{\xi y} = -\frac{16 e f l^3}{45}.$$

$$y_c = -\frac{I_{\xi y}}{I_y} = +\frac{8}{15} f,$$

$$y_c - g = \frac{8}{15} f - \frac{f}{3} - \frac{f}{5}, \quad \left[d - \frac{c}{f} = 0,2 \right].$$

J'ai déjà donné cette valeur dans la revue *Technique des Travaux*, mai 1937.

7,122. Parabole surhaussée.

$$\text{Posons : } x_1 = l\eta, ds = X l d\eta, \beta = \frac{f}{l}, \quad (1)$$

$$d\bar{s}^2 = \left[1 + \left(\frac{dy}{dx_1} \right)^2 \right] d\bar{x}_1^2 = (1 + 4 \beta^2 \eta^2) l^2 d\eta^2 = X^2 l^2 d\eta^2,$$

$$X^2 = 1 + 4 \beta^2 \eta^2, \quad (2)$$

$$X(0) = 1 \quad (3)$$

$$X^2(1) = 1 + 4 \beta^2 = \gamma^2, \quad (4)$$

$$d\xi = \left(g + f \frac{x_1^2}{l^2} \right) dx_1 = l f (\rho + \eta^2) d\eta, \quad (5)$$

$$\text{où : } g = f\rho, \quad (6)$$

$$I_y = 2 e \int_0^1 x_1^2 ds,$$

$$I_y = e l^3 \left[\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{16 \beta^2} \right) \gamma - \frac{L(2\beta + \gamma)}{32 \beta^3} \right].$$

où L signifie le logarithme népérien,

$$\text{et : } \Omega = 4 \beta^2 \eta + 2 \beta X, \quad (7)$$

$$\xi = l f \int_{-1}^{\eta} (\rho + \eta^2) d\eta = l f \left(\rho \eta + \frac{\eta^3}{3} + \rho + \frac{1}{3} \right), \quad (8)$$

$$I_{\xi y} = -e \int_A^B \xi x ds = -2 e l^3 f I,$$

$$I = \rho \left[\gamma \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{32 \beta^2} \right) - \frac{L(2\beta + \gamma)}{64 \beta^3} \right] + \frac{1}{3} \left[\left(\frac{1}{6} + \frac{1}{96 \beta^2} - \frac{1}{256 \beta^4} \right) \gamma + \frac{L(2\beta + \gamma)}{512 \beta^5} \right],$$

$$y_c = -\frac{I_{\xi y}}{I_y} = +\frac{2 e l^3 f I}{I_y},$$

$$y_c = \rho f + f \frac{\frac{1}{3} \left[\left(\frac{1}{6} + \frac{1}{96 \beta^2} - \frac{1}{256 \beta^4} \right) \gamma + \frac{L(2\beta + \gamma)}{512 \beta^5} \right]}{\left[\left(\frac{1}{4} + \frac{1}{32 \beta^2} \right) \gamma - \frac{L(2\beta + \gamma)}{64 \beta^3} \right]} = \rho f + \alpha f,$$

Application numérique.

$$f = 1,30 \text{ m}, l = 2,34 \text{ m}, \frac{1}{\beta} = \frac{l}{f} = 1,8,$$

arc très surhaussé.

$$\gamma = 1,494 847, L(2\beta + \gamma) = 0,9578,$$

$$\alpha = \frac{1}{3} \frac{m}{n},$$

$$m = \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{96 \beta^2} - \frac{1}{256 \beta^4} \right) \gamma + \frac{L(2\beta + \gamma)}{512 \beta^5},$$

$$m = 0,27 364,$$

$$n = \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{32 \beta^2} \right) \gamma - \frac{L(2\beta + \gamma)}{64 \beta^3}.$$

$$n = 0,43 778,$$

$$\alpha = \frac{0,62 506}{3} = 0,20 835 \quad \boxed{\alpha = 0,2084}$$

La différence avec la valeur approximative de 0,2 est de 4 %, donc faible.

7,2. Moment résistant à la torsion.

7,21. Profil quelconque — épaisseur constante

Nous développons les différents termes de la relation (18) article 2.

$$S_{\xi}(s) = e \int_A^F \xi ds = e \int_A^F (\xi_D + \xi_1) ds = F(s) \xi_D + e \int_A^D \xi_1 ds + e \int_D^F \xi_1 ds.$$

Nous pouvons poser :

$$e \int_A^D \xi_1 ds = -e \int_D^B \xi_1 ds = -S_{\xi_1}(B)$$

$$\boxed{S_{\xi_1}(B) = e \int_D^B \xi_1 ds} \quad (1)$$

car ξ_1 est une fonction impaire et est positive entre D et B.

$$\text{D'autre part : } e \int_D^F \xi_1 ds = S_{\xi_1}(s), \quad (2)$$

est une fonction paire et positive, car pour le point E, on a :

$$S_{\xi}(s) = e \int_A^B (\xi_D + \xi_1) ds = \xi_D F(s) + e \int_A^D \xi_1 ds - e \int_D^B \xi_1 ds = \xi_D F(s) - S_{\xi_1}(B) + e \int_D^F \xi_1 ds.$$

On a donc :

$$S_{\xi}(s) = \xi_1(B) F(s) - S_{\xi_1}(B) + S_{\xi_1}(s) \quad (3)$$

En particulier :

$$S_{\xi}(B) = \xi_1(B) F(B) - S_{\xi_1}(B) + S_{\xi_1}(B) = \xi_1(B) F(B), \quad (4)$$

$$dI_{\xi} = S_{\xi} d\xi = [\xi_1(B) F(s) - S_{\xi_1}(B) + S_{\xi_1}(s)] d\xi.$$

Précisons les différents termes de dI_{ξ} . Introduisons la fonction Φ (voir chapitre II) relations (20) et (20 bis)

$$\Phi(B) = \int_A^B F(s) d\xi = F(B) \xi(B) - S_{\xi}(B).$$

Et compte tenu de la relation (2) du paragraphe de l'article 7,1 et de la relation (4) ci-dessus :

$$\Phi(B) = 2 \xi_1(B) F(B) - \xi_1(B) F(B) = \xi_1(B) F(B),$$

$$\int_A^B d\xi = \xi(B) = 2 \xi_1(B).$$

Les deux premiers termes de dI_ξ donnent :

$$\int_A^B [\xi_1(B) F(s) - S_{\xi_1}(B)] d\xi = [\xi_1(B)]^2 F(B) - 2 \xi_1(B) S_{\xi_1}(B),$$

$S_{\xi_1}(s)$ et $d\xi$ étant des fonctions paires, on a

$$\frac{1}{2} \int_A^B S_{\xi_1}(s) d\xi = \left[\int_A^B S_{\xi_1}(s) d\xi_1 = I_{\xi_1} \right], \quad (5)$$

et I_ξ devient :

$$I_\xi = \int_A^B S_\xi d\xi = [\xi_1(B)]^2 F(B) - 2 \xi_1(B) S_{\xi_1}(B) + 2 I_{\xi_1}, \quad (6)$$

La relation (18) devient :

$$\begin{aligned} I_\xi &= E\theta'' \left[I_\xi - \frac{S_\xi(B)}{F(B)} \Phi(B) \right] = \\ &= E\theta'' [(\xi_1(B))^2 F(B) - 2 \xi_1(B) S_{\xi_1}(B) + 2 I_{\xi_1} - \xi_1(B) S_\xi(B)] \end{aligned}$$

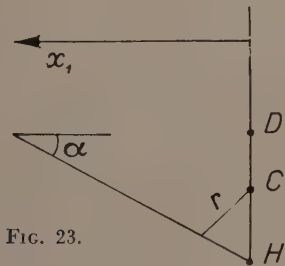
Et compte tenu de la relation (4) ci-dessus :

$$\tau_2 = 2 E\theta'' [I_{\xi_1} - \xi_1(B) S_{\xi_1}(B)]. \quad (7)$$

7,22. Profil parabolique.

7,221. Parabole fortement surbaissée.

Nous utilisons les résultats du paragraphe de l'article 7,121. Nous avons par rapport au centre de torsion C (fig. 22 et 23),



$$r = (\overline{DH} - \overline{DC}) \cos \alpha = \left(f \frac{x_1^2}{l^2} - c \right) \cos \alpha,$$

et compte tenu de : $c = \frac{f}{5}$,

$$d\xi_1 = r ds = f \left(\frac{x_1^2}{l^2} - \frac{1}{5} \right) dx_1, \quad (8)$$

$$\xi_1 = f \left(\frac{x_1^3}{3 l^2} - \frac{x_1}{5} \right), \quad (9)$$

$$\xi_1(B) = \frac{2 fl}{15}, \quad (10)$$

$$S_{\xi_1}(s) = e \int_0^{x_1} \xi_1 dx_1 = ef \left(\frac{x_1^4}{12 l^2} - \frac{x_1^2}{10} \right), \quad (11)$$

$$S_{\xi_1}(B) = - \frac{ef l^2}{60}, \quad (12)$$

$$I_{\xi_1} = \int_0^B S_{\xi_1}(s) d\xi_1,$$

$$I_{\xi_1} = - \frac{ef^2 l^3}{210}, \quad (13)$$

La relation (7) du paragraphe de l'article 7,21 donne finalement :

$$\tau_2 = 2 E\theta'' \left[\frac{2 fl}{15} \frac{ef l^2}{60} - \frac{ef^2 l^3}{210} \right],$$

$$\tau_2 = - \frac{8}{1575} E\theta'' ef^2 l^3, \quad (14)$$

7,222. Parabole surhaussée.

Nous procédons comme au paragraphe de l'article 7,122.

$$c = \alpha f, \quad (15)$$

$$d\xi_1 = r ds = f \left(\frac{x_1^2}{l^2} - \alpha \right) dx_1 = fl (\eta^2 - \alpha) d\eta, \quad (16)$$

Nous rappelons la relation :

$$x_1 = l\eta,$$

$$\xi_1 = fl \left(\frac{\eta^3}{3} - \alpha\eta \right), \quad (17)$$

$$\xi_1(B) = fl \left(\frac{1}{3} - \alpha \right), \quad (18)$$

$$S_{\xi_1}(s) = e \int_0^{\eta} \xi_1 ds,$$

$$S_{\xi_1}(s) = ef l^2 \left[\frac{(24 \beta^4 \eta^4 + 2 \beta^2 \eta^2 - 1) X}{360 \beta^4} - \frac{\alpha X^3}{12 \beta^2} + \frac{1}{360 \beta^4} + \frac{\alpha}{12 \beta^2} \right] \quad (19)$$

$$S_{\xi_1}(B) = \frac{ef l^2}{360} \left[\left(24 + \frac{2}{\beta^2} - \frac{1}{\beta^4} \right) \gamma - \frac{30 \alpha \gamma^3}{\beta^2} + \frac{1}{\beta^4} + \frac{30 \alpha}{\beta^2} \right] \quad (20)$$

$$dI_{\xi_1} = S_{\xi_1}(s) d\xi_1 = \frac{ef^2 l^3}{360 \beta^4} [(24 \beta^4 \eta^4 + 2 \beta^2 \eta^2 - 1) X - 30 \alpha \beta^2 X^3 + 1 + 30 \alpha \beta^2] (\eta^2 - \alpha) d\eta = A U d\eta,$$

$$\text{où : } A = \frac{ef^2 l^3}{360 \beta^4},$$

$$U = V + (1 + 30 \alpha \beta^2) (\eta^2 - \alpha),$$

$$V = [24 \beta^4 \eta^6 + 2 \beta^2 (1 - 72 \alpha \beta^2) \eta^4 + (120 \alpha \beta^4 - 32 \alpha \beta^2 - 1) \eta^2 + \alpha (1 + 30 \alpha \beta^2)] X$$

$$V = \frac{dW}{d\eta}, \quad \Omega = 4 \beta^2 \eta + 2 \beta X,$$

$$\begin{aligned}
 W = 24 \beta^4 & \left[\left(\frac{5 \eta}{8192 \beta^6} - \frac{5 \eta^3}{3072 \beta^4} + \frac{\eta^5}{192 \beta^2} + \frac{\eta^7}{8} \right) X \right. \\
 & \left. - \frac{5}{16384 \beta^7} L \Omega \right], \\
 + 2 \beta^2 (1 - 72 \alpha \beta^2) & \left[\left(\frac{\eta^5}{6} + \frac{\eta^3}{96 \beta^2} - \frac{\eta}{256 \beta^4} \right) X + \frac{L \Omega}{512 \beta^5} \right], \\
 + (120 \alpha^2 \beta^4 - 32 \alpha \beta^2 - 1) & \left[\left(\frac{\eta^3}{4} + \frac{\eta}{32 \beta^2} \right) X - \frac{L \Omega}{64 \beta^3} \right], \\
 + \alpha (1 + 30 \alpha \beta^2) & \left(\frac{\eta}{2} X + \frac{L \Omega}{4 \beta} \right),
 \end{aligned}$$

$$\int_0^1 V d\eta = W(1) - W(0) = \beta^4 [a\gamma + bL(2\beta + \gamma)],$$

$$\begin{aligned}
 a = -\frac{25}{1024 \beta^6} - \frac{103}{384 \beta^4} + \frac{11}{24 \beta^2} + \\
 + 3 - 24 \alpha - \frac{19 \alpha}{2 \beta^2} + \frac{\alpha}{16 \beta^4} + 30 \alpha^2 + \frac{75 \alpha^2}{4 \beta^2}, \quad (21) \\
 b = \frac{25}{2048 \beta^7} + \frac{15 \alpha}{32 \beta^5} + \frac{45 \alpha^2}{8 \beta^3},
 \end{aligned}$$

Nous avons donc :

$$\begin{aligned}
 I_{\xi_1} = A \int_0^1 U d\eta = A \left[\int_0^1 V d\eta + (1 + 30 \alpha \beta^2) \left(\frac{1}{3} - \alpha \right) \right] \\
 I_{\xi_1} = \frac{ef^2 l^3}{360} \left[a\gamma + bL(2\beta + \gamma) + \left(\frac{1}{\beta^4} + \frac{30 \alpha}{\beta^2} \right) \right. \\
 \left. \left(\frac{1}{3} - \alpha \right) \right]. \quad (23)
 \end{aligned}$$

En remplaçant dans la relation (7) de l'article 7,21 les valeurs trouvées de I_{ξ_1} , $\xi_1(B)$ et $S_{\xi_1}(B)$ on trouve une expression analogue à celle de la relation (14), mais avec un coefficient numérique différent.

Application numérique: mêmes données que celles de l'article 7,122.

La relation (18) donne :

$$S_{\xi_1}(B) = fl \left(\frac{1}{3} - \alpha \right) = 0,12493 fl.$$

La relation (20) donne :

$$S_{\xi_1}(B) = -\frac{efl^2}{360} 7,0296,$$

$$a = -6,49858,$$

$$a\gamma = -9,71438,$$

$$b = 4,01703,$$

$$bL(2\beta + \gamma) = 3,84751,$$

$$\left(\frac{1}{\beta^4} + \frac{30 \alpha}{\beta^2} \right) \left(\frac{1}{3} - \alpha \right) = 3,84284,$$

$$I_{\xi_1} = -\frac{ef^2 l^3}{360} 2,02403,$$

$$\xi_1(B) S_{\xi_1}(B) = -\frac{ef^2 l^3}{360} 0,87821.$$

La relation (7) de l'article 7,21 donne finalement :

$$\begin{aligned}
 \tau_2 = -2 E \theta'' \frac{ef^2 l^3}{360} [2,02403 - 0,87821] = \\
 - E \theta'' \frac{ef^2 l^3}{360} 2,29164
 \end{aligned}$$

En comparant avec la relation (14) de l'article 7,221, on constate que si on tient compte du ds de la parabole, on a une augmentation de :

$$\frac{2,29164}{360} - \frac{8}{1575} = \frac{1}{157} - \frac{1}{197}.$$

$$\text{soit de } \frac{197}{157} - 1 = 25,5 \%,$$

donc non négligeable.

7,3. Angle de rotation.

La relation (37) du chapitre iv nous donne immédiatement la valeur de l'angle de rotation maximum. Nous devons donc déterminer le coefficient a , donc D (voir relations (28) et (29) de l'art. 3 et la relation (18) de l'art. 2)

$$D = E \left[\frac{S_{\xi}(B)}{F} \Phi(B) - I_{\xi} \right] = -\frac{\tau_2}{\theta'}.$$

7,31. Parabole surbaissée.

La relation (14) de l'article 7,221 nous donne :

$$D = + \frac{8 E}{1575} ef^2 l^3.$$

La relation (28) de l'article 3, donne :

$$a^2 = \frac{D}{C} = \frac{8 E}{1575 C} ef^2 l^3.$$

C est donné par la relation (26) du paragraphe 3 :

$$C = \frac{G}{3} \int_A^B e^3 ds.$$

En admettant toujours :

$$ds = dx,$$

$$C = \frac{2 Gle^3}{3}.$$

En tenant compte de la relation connue :

$$E = 2(1 + \mu) G = 2,3 G,$$

et en admettant pour le coefficient de Poisson μ , la valeur 0,15 on a :

$$C = \frac{2 Ele^3}{6,9}.$$

La relation (3) devient :

$$a^2 = \frac{f^2 l^2}{57,065 e^2},$$

$$a = \frac{fl}{7,554 e}.$$

Nous passons immédiatement à l'application numérique, avec les mêmes données que celle du paragraphe 7,122. En outre nous envisageons une portée :

$$2L = 2 \times 9,5 \text{ m}$$

et une épaisseur de voile de 7 cm,

$$a = 5,75 \text{ m} \quad \frac{L}{a} = 1,65 \quad ch \frac{L}{a} = 2,71$$

Et en admettant pour E, voile en béton :

$$E = 2 \times 10^6 \text{ t/m}^2,$$

on a :

$$C = 466 \text{ t/m}^2,$$

$$a^2 \left(1 - \frac{1}{ch \frac{L}{a}} \right) = 20,9 \text{ m}^2.$$

La relation (37) du paragraphe 4 nous donne finalement la rotation maximum au milieu de la portée :

$$\varphi = \frac{\tau_0}{C} \left[\frac{L^2}{2} + a^2 \left(\frac{1}{ch \frac{L}{a}} - 1 \right) \right],$$

$$\varphi = 0,052 \tau_0 \text{ radians.}$$

Si on ne tient pas compte des efforts secondaires, la relation (25) du paragraphe 3 devient :

$$C\theta = C \frac{d\varphi}{dz} = \tau_0 (L - z),$$

$$C\varphi = \tau_0 \left(Lz - \frac{z^2}{2} \right),$$

car φ s'annule au droit des appuis pour

$$z = 0, z = 2L$$

φ est maximum pour $z = L$,

$$\varphi \text{ maximum} = \frac{\tau_0}{C} \times \frac{L^2}{2} = \frac{\tau_0}{466} \times \frac{9,5^2}{2} = 0,097 \text{ radians,}$$

soit 86 % de plus.

Il en est de même pour une dalle plate, car les φ étant nuls tout le long du profil, τ_2 s'annule, voir relation (25).

Donc : Une dalle plate a des déformations à la torsion de 86 % plus grandes qu'une dalle courbe.

7.32. Parabole surhaussée.

Nous passons immédiatement à l'application numérique.

La relation (2) devient :

$$D = + \frac{2,29164}{360} E e f^2 l^3.$$

La relation (3) devient :

$$a^2 = \frac{2,29164}{360} \frac{E}{C} e f^2 l^3.$$

La longueur de la parabole est donnée par

$$s = \int_A^B ds = 2l \int_0^1 X d\eta = 2l \left[\frac{\gamma}{2} + \frac{L(2\beta + \gamma)}{4\beta} \right],$$

$$s = 2,35687 l,$$

$$C = \frac{Ge^3}{3} s = 548,31 \text{ t/m}^2,$$

$$a^2 = 0,0186362 \frac{f^2 l^2}{e^2},$$

$$a = 5,9325 \text{ m,}$$

$$\frac{L}{a} = 1,6013 \quad ch \frac{L}{a} = 2,5806,$$

$$a^2 \left(1 - \frac{1}{ch \frac{L}{a}} \right) = 21,5565 \text{ m}^2,$$

$$\varphi = \frac{\tau_0}{548,31} \left(\frac{9,5^2}{2} - 21,5565 \right) = 0,043 \tau_0 \text{ radians.}$$

Il y a une diminution non négligeable par rapport au calcul approximatif de 17 %. Par rapport à une dalle plate, la diminution est de 56 %. Par conséquent les déformations dues aux contraintes primaires sont de l'ordre de 226 % de celles dues aux contraintes totales, primaires et secondaires.

$$0,097 = 226 \% \times 0,043.$$

VIII. — APPLICATIONS — PROFIL EN SHED.

Le schéma du profil est indiqué sur la figure 24. Il est constitué par quatre éléments droits et un élément courbe.

Nous adoptons les axes x_1, y_1 , de la figure 16 bis, chapitre v, et pour simplifier les écritures, nous supprimons les indices 1 et rapportons tous nos calculs à un centre provisoire O.

Nous établissons d'abord quelques relations utiles pour un élément droit et pour un élément courbe.

8.1. Élément droit.

$$\overline{AB} = u \quad (1)$$

$$G(x_m, y_m) \quad (2)$$

$$S_x = e u y_m, \quad (3)$$

$$S_y = e u x_m, \quad (4)$$

$$I_x = \frac{u}{3} (y_B^2 + y_B y_A + y_A^2) e, \quad (5)$$

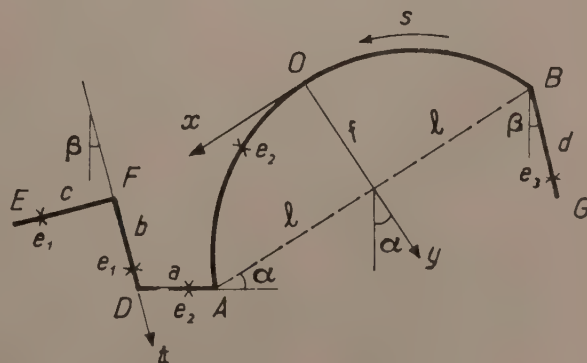


FIG. 24.

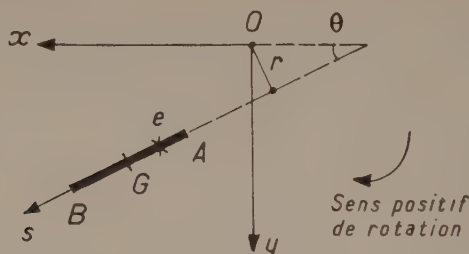


FIG. 25.

$$I_y = \frac{u}{3} (x_B^2 + x_B x_A + x_A^2) e, \quad (6)$$

$$I_{xy} = \frac{u}{6} (2 x_B y_B + x_A y_B + y_A x_B + 2 x_A y_A) e. \quad (7)$$

Compte tenu du sens positif de rotation (voir figures 4 et 25) on a :

$$d\xi = r ds, \quad \xi = \xi(A) + rs, \quad (8)$$

$$S_\xi(s) = S_\xi(A) + e \int_0^s \xi ds = S_\xi(A) + e \left(s \xi(A) + r \frac{s^2}{2} \right), \quad (9)$$

$$S_\xi(B) = S_\xi(A) + e \left(u \xi(A) + r \frac{u^2}{2} \right), \quad (10)$$

$$I_\xi(B) - I_\xi(A) = \int_0^u S_\xi(s) d\xi = r \int_0^u S_\xi(s) ds$$

$$I_\xi(B) - I_\xi(A) = r \left\{ u S_\xi(A) + e \left[\frac{u^2}{2} \xi(A) + r \frac{u^3}{6} \right] \right\} \quad (11)$$

$$I_{\xi y}(B) - I_{\xi y}(A) = e \int_0^u \xi x ds = e \int_0^u [\xi(A) + rs] [x_A + s \cos \theta] ds$$

$$I_{\xi y}(B) - I_{\xi y}(A) = e [u x_m \xi(A) + \frac{ru^2}{6} (x_A + 2 x_B)] \quad (12)$$

$$I_{\xi x}(B) - I_{\xi x}(A) = e \int_0^u \xi y ds = e \int_0^u [\xi(A) + rs] [y_A + s \sin \theta] ds$$

$$I_{\xi x}(B) - I_{\xi x}(A) = e \{ u y_m \xi(A) + \frac{ru^2}{6} (y_A + 2 y_B) \} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \Phi(B) - \Phi(A) &= \int_0^u F(s) d\xi = \\ &= \int_0^u [F(A) + es] r ds = r \left[u F(A) + \frac{eu^2}{2} \right]. \end{aligned} \quad (14)$$

8.2. Élément courbe BOA.

Il s'agit d'un voile parabolique d'épaisseur constante e_2 .

$$S_x(A) - S_x(B) = 2 e_2 \int_0^A y ds = 2 e_2 fl \int_0^1 X \eta^2 d\eta,$$

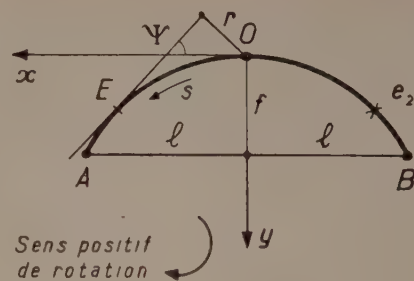


FIG. 26.

$$S_x(A) - S_x(B) = e_2 fl \left[\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{16 \beta^2} \right) \gamma - \frac{L(2\beta + \gamma)}{32 \beta^3} \right], \quad (15)$$

$$S_y(A) = S_y(B), \quad (16)$$

$$\text{car :} \quad \int_B^A e_2 x ds = 0,$$

$$I_x(A) - I_x(B) = 2 e_2 \int_0^A y^2 ds,$$

$$I_x(A) - I_x(B) = e_2 l^2 \left[\left(\frac{1}{3} + \frac{1}{48 \beta^2} - \frac{1}{128 \beta^4} \right) \gamma + \frac{L(2\beta + \gamma)}{256 \beta^5} \right]. \quad (17)$$

$$I_y(A) - I_y(B) = 2 e_2 \int_0^A x^2 ds = e_2 l^3 \left[\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{16 \beta^2} \right) \gamma - \frac{L(2\beta + \gamma)}{32 \beta^3} \right]. \quad (18)$$

$$I_{xy}(A) - I_{xy}(B) = 0,$$

$$\text{car :} \quad \int_B^A e x y ds = 0.$$

Compte tenu du sens positif de rotation (fig. 4 et 26), on constate que r est négatif, car un point quelconque E tend à se déplacer dans le sens négatif de s (remarque chap. 1).

Nous avons donc :

$$d\xi = -r ds = -r \frac{dx}{\cos \Psi} = -fl \eta^2 d\eta, \quad (19)$$

$$\xi(s) = \xi(B) - \frac{fl}{3} (\eta^3 + 1), \quad (20)$$

$$\xi(A) = \xi(B) - \frac{2fl}{3}, \quad (21)$$

$$S_\xi(s) = S_\xi(B) + e_2 \int_{-1}^{\eta} \xi(s) ds,$$

$$S_\xi(s) = S_\xi(B) + e_2 l \left\{ \left(\xi(B) - \frac{fl}{3} \right) \left[\frac{1}{2} (\eta X + \gamma) + \right. \right.$$

$$+ \frac{1}{4\beta} L \left(\frac{X + 2\beta\eta}{\gamma - 2\beta} \right) \left] - \frac{fl}{360\beta^4} [(24\beta^4\eta^4 + 2\beta^2\eta^2 - 1)X - (24\beta^4 + 2\beta^2 - 1)\gamma] \right\} \quad (22)$$

$$S_{\xi}(A) = S_{\xi}(B) + e_2 l \left(\xi(B) - \frac{fl}{3} \right) \left[\gamma + \frac{L(\gamma + 2\beta)}{2\beta} \right] = S_{\xi}(B) + \left(\xi(B) - \frac{fl}{3} \right) (F(A) - F(B)) \quad (23)$$

$$I_{\xi}(A) - I_{\xi}(B) = \int_B^A S_{\xi}(s) d\xi = -fl \int_{-1}^{+1} S_{\xi}(s) \eta^2 d\eta, \\ \int_{-1}^{+1} (24\beta^4\eta^4 + 2\beta^2\eta^2 - 1) X \eta^2 d\eta = \\ = \left(-\frac{25}{512\beta^2} - \frac{103}{192} + \frac{11}{12}\beta^2 + 6\beta^4 \right) \gamma + \frac{50L(\gamma + 2\beta)}{2048\beta^3}.$$

Et nous avons finalement :

$$I_{\xi}(A) - I_{\xi}(B) = -\frac{fl}{3} [S_{\xi}(A) + S_{\xi}(B)] + \\ + \frac{e_2 l^3}{360} \left[\left(-\frac{25}{512\beta^2} + \frac{25}{192\beta^4} - \frac{5}{12\beta^2} - 10 \right) \gamma + \right. \\ \left. + \frac{L(\gamma + 2\beta)}{40,96\beta^3} \right] \quad (24)$$

$$I_{\xi y}(A) - I_{\xi y}(B) = e_2 \int_{-1}^1 \xi x ds = e_2 l^2 \int_{-1}^{+1} [\xi(B) - \\ - \frac{fl}{3} (\eta^3 + 1)] X \eta ds,$$

$$I_{\xi y}(A) - I_{\xi y}(B) = -\frac{e_2 l^3}{3} \left[\left(\frac{1}{3} + \frac{1}{48\beta^2} - \frac{1}{128\beta^4} \right) \gamma + \right. \\ \left. + \frac{L(\gamma + 2\beta)}{256\beta^5} \right] \quad (25)$$

$$I_{\xi x}(A) - I_{\xi x}(B) = e_2 \int_{-1}^1 \xi y ds = e_2 fl \int_{-1}^{+1} [\xi(B) - \\ - \frac{fl}{3} (\eta^3 + 1)] \eta^2 X d\eta,$$

$$I_{\xi x}(A) - I_{\xi x}(B) = e_2 fl \left(\xi(B) - \frac{fl}{3} \right) \left[\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{16\beta^2} \right) \gamma - \right. \\ \left. - \frac{L(\gamma + 2\beta)}{32\beta^3} \right] \quad (26)$$

$$F(s) - F(B) = \int_{-1}^{\eta} e_2 ds = e_2 l \int_{-1}^{\eta} X dn = e_2 l \\ \left[\frac{1}{2} (\eta X + \gamma) + \frac{1}{4\beta} L \left(\frac{X + 2\beta\eta}{\gamma - 2\beta} \right) \right] \quad (27)$$

$$F(A) - F(B) = e_2 l \left[\gamma + \frac{L(\gamma + 2\beta)}{2\beta} \right] \quad (28)$$

$$\Phi(A) - \Phi(B) = \int_{-1}^{+1} F(s) d\xi = -e_2 fl^2 \\ \int_{-1}^{+1} \left[\frac{1}{2} (\eta X + \gamma) + \frac{1}{4\beta} L \left(\frac{X + 2\beta\eta}{\gamma - 2\beta} \right) \right] \eta^2 d\eta - fl F(B) \\ \int_{-1}^{+1} \eta^2 d\eta,$$

$$\Phi(A) - \Phi(B) = \frac{fl}{3} [F(A) + F(B)] \quad (29)$$

8,3. Profil complet.

Le schéma est indiqué sur la figure 24. Nous appliquons les différentes relations indiquées ci-dessus aux différentes zones du profil.

8,31. Calcul de S_y .

$$S_y(G) = 0, S_y(B) = e_3 \frac{d}{2} (x_G + x_B), \quad (30)$$

$$S_y(A) = S_y(B), \quad (31)$$

$$S_y(D) = S_y(A) + e_2 \frac{a}{2} (x_A + x_D) \quad (32)$$

$$S_y(F) = S_y(D) + e_1 \frac{b}{2} (x_D + x_F), \quad (33)$$

$$S_y(E) = S_y(F) + e_1 \frac{c}{2} (x_F + x_E). \quad (34)$$

8,32. Calcul de S_x .

Mêmes relations que ci-dessus où on remplace x par y , sauf : pour $S_x(A) - S_x(B)$. (voir relation (15)).

8,33. Calcul de I_y .

$$I_y(B) = e_3 \frac{d}{3} (x_G^2 + x_G x_B + x_B^2). \quad (35)$$

Voir relation (18) pour $I_y(A) - I_y(B)$.

$$I_y(D) = I_y(A) + e_2 \frac{a}{3} (x_A^2 + x_A x_D + x_D^2), \quad (36)$$

$$I_y(F) = I_y(D) + e_1 \frac{b}{3} (x_D^2 + x_D x_F + x_F^2), \quad (37)$$

$$I_y(E) = I_y(F) + e_1 \frac{c}{3} (x_F^2 + x_F x_E + x_E^2). \quad (38)$$

8,34. Calcul de I_x .

Mêmes relations que ci-dessus où on remplace x par y , sauf :

$I_x(A) - I_x(B)$. (Voir relation (17)).

8,35. Calcul de I_{xy} .

$$I_{xy}(B) = e_3 \frac{d}{6} (2x_G y_G + x_G y_B + y_G x_B + 2x_B y_B), \quad (39)$$

$$I_{xy}(A) = I_{xy}(B) \quad (40)$$

$$I_{xy}(D) = I_{xy}(A) + e_2 \frac{a}{6} (2x_A y_A + x_A y_D + \\ + x_D y_A + 2x_D y_D), \quad (41)$$

$$I_{xy}(F) = I_{xy}(D) + e_1 \frac{b}{6} (2x_D y_D + x_D y_F + \\ + x_F y_D + 2x_F y_F), \quad (42)$$

$$I_{xy}(E) = I_{xy}(F) + e_1 \frac{c}{6} (2x_F y_F + x_F y_E + \\ + x_E y_F + 2x_E y_E), \quad (43)$$

8,36. Calcul de ξ .

$$\xi(B) = d\rho_d, \quad (44)$$

$$\xi(A) = \xi(B) - \frac{2fl}{3}, \quad (45)$$

$$\xi(D) = \xi(A) + a\rho_a, \quad (46)$$

$$\xi(F) = \xi(D) + b\rho_b, \quad (47)$$

$$\xi(E) = \xi(F) + c\rho_c. \quad (48)$$

8,37. Calcul de S_ξ .

$$S_\xi(B) = e_3 \frac{d^2}{2} \rho_d, \quad (49)$$

$$S_\xi(A) - S_\xi(B) = \left[\xi(B) - \frac{fl}{3} \right] (F(A) - F(B)), \quad (50)$$

$$S_\xi(D) - S_\xi(A) = e_2 \left[a\xi(A) + \frac{a^2}{2} \rho_a \right], \quad (51)$$

$$S_\xi(F) - S_\xi(D) = e_1 \left[b\xi(D) + \frac{b^2}{2} \rho_b \right], \quad (52)$$

$$S_\xi(E) - S_\xi(F) = e_1 \left[c\xi(F) + \frac{c^2}{2} \rho_c \right]. \quad (53)$$

8,38. Calcul de I_ξ .

$$I_\xi(B) = e_3 \rho_d^2 \frac{d^3}{6}, \quad (54)$$

$I_\xi(A) - I_\xi(B)$ est donné par la relation (24),

$$I_\xi(D) - I_\xi(A) = \rho_a \left\{ aS_\xi(A) + e_2 \left[\frac{a^2}{2} \xi(A) + \rho_a \frac{a^3}{6} \right] \right\}, \quad (55)$$

$$I_\xi(F) - I_\xi(D) = \rho_b \left\{ bS_\xi(D) + e_1 \left[\frac{b^2}{2} \xi(D) + \rho_b \frac{b^3}{6} \right] \right\}, \quad (56)$$

$$I_\xi(E) - I_\xi(F) = \rho_c \left\{ cS_\xi(F) + e_1 \left[\frac{c^2}{2} \xi(F) + \rho_c \frac{c^3}{6} \right] \right\}. \quad (57)$$

8,39. Calcul de I_{ξ_y} .

$$I_{\xi_y}(B) = e_3 \rho_d \frac{d^2}{6} (x_G + 2x_B). \quad (58)$$

$I_{\xi_y}(A) - I_{\xi_y}(B)$ est donné par la relation (25),

$$I_{\xi_y}(D) - I_{\xi_y}(A) = e_2 \left[\frac{a}{2} (x_A + x_D) \xi(A) + \rho_a \frac{a^2}{6} (x_A + 2x_D) \right], \quad (59)$$

$$I_{\xi_y}(F) - I_{\xi_y}(D) = e_1 \left[\frac{b}{2} (x_D + x_F) \xi(D) + \rho_b \frac{b^2}{6} (x_D + 2x_F) \right], \quad (60)$$

$$I_{\xi_y}(E) - I_{\xi_y}(F) = e_1 \left[\frac{c}{2} (x_F + x_E) \xi(F) + \rho_c \frac{c^2}{6} (x_F + 2x_E) \right]. \quad (61)$$

8,40. Calcul de I_{ξ_x} .

Mêmes relations que ci-dessus, où on remplace x par y , sauf : $I_{\xi_x}(A) - I_{\xi_x}(B)$ qui est donné par la relation (26).

8,41. Calcul de Φ .

$$\Phi(B) = e_3 \rho_d \frac{d^2}{2}, \quad (62)$$

$\Phi(A) - \Phi(B)$ est donné par la relation (29).

$$\Phi(D) - \Phi(A) = \rho_a \left[aF(A) + e_2 \frac{a^2}{2} \right], \quad (63)$$

$$\Phi(F) - \Phi(D) = \rho_b \left[bF(D) + e_1 \frac{b^2}{2} \right], \quad (64)$$

$$\Phi(E) - \Phi(F) = \rho_c \left[cF(F) + e_1 \frac{c^2}{2} \right]. \quad (65)$$

IX. — APPLICATION NUMÉRIQUE AUX SHEDS DE L'USINE DUNLOP A AMIENS

9,1. Caractéristiques géométriques du profil.

Compte tenu de la figure 24, les tableaux ci-dessous donnent les caractéristiques géométriques du profil.

Rappelons que les rayons ρ_a , ρ_b , ρ_c et ρ_d sont les longueurs des normales menées du sommet O de la parabole respectivement aux éléments AD, DF, FE et BG.

ÉLÉMENT	a	b	c	d
Longueur en mètres	0,40	0,72	0,20	0,40
Épaisseur en cm	7	10	10	16
ρ en mètres	+ 2,42078	+ 2,47630	+ 0,73064	— 2,50667

Coordonnées en mètres.

POINTS	G	B	A	D	F	E
x	— 2,28006	— 2,33949	+ 2,33949	+ 2,66435	+ 2,55737	+ 2,75515
y	+ 1,69556	+ 1,30000	+ 1,30000	+ 1,06662	+ 0,35461	+ 0,32489

9.2. Termes en ξ .

POINTS	G	B	A	D	F	E
$\xi \text{ m}^2$	0	— 1,002668	— 3,030226	— 2,061914	— 0,278978	— 0,132850
$S_\xi \text{ m}^4$	0	— 0,0320854	— 0,8103752	— 0,8816651	— 0,9659372	— 0,9700555
$I_\xi \text{ m}^6$	0	0,0107237	0,7975781	— 0,0238212	— 1,6899732	— 1,8314602
$I_{\xi y} \text{ m}^5$	0	0,0744279	— 0,1381399	— 0,3157677	— 0,5369349	— 0,5478254
$I_{\xi x} \text{ m}^5$	0	— 0,0459416	— 0,4218146	— 0,5067000	— 0,5742019	— 0,5756084
$\Phi \text{ m}^4$	0	— 0,032085	— 0,553138	— 0,103869	+ 0,812508	+ 0,894335

9.3. Moments d'inertie, moments statiques et surface du profil.

$I_y = 1,933\ 812 \text{ m}^4$, $I_x = 0,376\ 919 \text{ m}^4$, $I_{xy} = 0,013\ 512 \text{ m}^4$,
 $S_y = 0,163\ 335 \text{ m}^3$, $S_x = 0,373\ 354 \text{ m}^3$, $F = 0,569\ 971 \text{ m}^2$.

9.4. Centre de torsion.

Nous appliquons les relations (54 bis) du paragraphe de l'article 5.1.

$$D_1 = \begin{vmatrix} F & S_x & S_y \\ S_x & I_x & I_{xy} \\ S_y & I_{xy} & I_y \end{vmatrix} = F(I_x I_y - I_{xy}^2) - (S_x^2 I_y + S_y^2 I_x) + 2 S_x S_y I_{xy}.$$

$$D_1 = 0,1373746 \text{ m}^{10},$$

$$D_{b\xi} = \begin{vmatrix} F & S_x & S_y \\ S_\xi & I_{\xi x} & I_{\xi y} \\ S_y & I_{xy} & I_y \end{vmatrix} = F(I_{\xi x} I_y - I_{\xi y} I_{xy}) - S_x(S_\xi I_y - S_y I_{\xi y}) + S_y(S_\xi I_{xy} - S_y I_{\xi x}).$$

Tous les termes en ξ sont ceux du point E (voir tableau ci-dessus).

$$D_{b\xi} = 0,0499585 \text{ m}^{11},$$

$$x_0 = a_1 = -\frac{D_{b\xi}}{D_1} = -0,36367 \text{ m},$$

$$D_{c\xi} = \begin{vmatrix} F & S_x & S_y \\ S_x & I_x & I_{xy} \\ S_\xi & I_{\xi x} & I_{\xi y} \end{vmatrix} = F(I_x I_{\xi y} - I_{xy} I_{\xi x}) - S_x(S_x I_{\xi y} - S_\xi I_{xy}) + S_y(S_x I_{\xi x} - I_x S_\xi),$$

$$D_{c\xi} = -0,0171695 \text{ m}^{11},$$

$$y_0 = b_1 = +\frac{D_{c\xi}}{D_1} = -0,12498 \text{ m}.$$

9.5. Caractéristiques du profil par rapport au centre de torsion C (a_1 , b_1).

Nous utilisons les relations du chapitre vi en tenant compte du changement d'axes des coordonnées.

La relation (4) devient :

$$S_\xi = S_\xi(E) + a_1 S_x - b_1 S_y + (b_1 x_G - a_1 y_G) F,$$

en changeant les signes, car l'axe x' de la figure 21 passe à gauche sur la figure 27. On a donc :

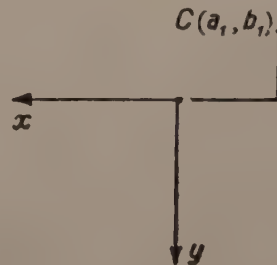


FIG. 27.

$$a = -a_1, x_A = -x_G,$$

et S_y change de signe

$$S_{\xi}^c = -0,5715391 \text{ m}^4.$$

Dans la relation (5 bis), nous remplaçons :

$$\begin{aligned} \bar{I}_{\xi_0} &\text{ par } I_{\xi} \text{ (E)}, \bar{\xi} \text{ (B)} \text{ par } \xi \text{ (E)}, I_{x_1} \text{ par } I_x \\ \bar{I}_{\xi y_1} &\text{ par } I_{\xi y} \text{ (E)}, S_{x_1} \text{ par } S_x, I_{y_1} \text{ par } I_y, \\ \bar{I}_{\xi x_1} &\text{ par } I_{\xi x} \text{ (E)}, S_{y_1} \text{ par } S_y, \bar{\Phi} \text{ par } \Phi \text{ (E)}, \\ \bar{S}_{\xi} &\text{ par } S_{\xi} \text{ (E)}, I_{x_1 y_1} \text{ par } I_{xy}, \\ y_{B_1} &\text{ par } y_E, x_{B_1} \text{ par } x_E, \\ y_{A_1} &\text{ par } y_G, x_{A_1} \text{ par } x_G, \end{aligned}$$

et compte tenu des valeurs numériques indiquées aux articles 9,1 9,2 9,3 et 9,4, nous obtenons :

$$I_{\xi}^c = -1,3956331 \text{ m}^6.$$

Dans la relation (6) nous remplaçons :

$$\begin{aligned} \bar{\Phi} &\text{ par } \Phi \text{ (E)}, b \text{ par } b_1, x_B \text{ par } -x_E, a \text{ par } -a_1, \\ y_B &\text{ par } y_E \text{ et nous changeons le signe de } S_y. \text{ Nous obtenons} \\ \Phi^c &= \Phi \text{ (E)} + (a_1 y_E - b_1 x_E) F + b_1 S_y - a_1 S_x, \end{aligned}$$

et compte tenu des valeurs numériques des différents termes, nous obtenons

$$\Phi^c = 1,1386221 \text{ m}^6.$$

9,6. Moment de torsion dû aux efforts secondaires.

La relation (18) du chapitre II, donne :

$$\tau_2 = E\theta'' \left[I_{\xi}^c - \frac{S_{\xi}^c}{F} \Phi^c \right],$$

$$\tau_2 = -0,2538786 E\theta'' \quad (E\theta'' \times m^6).$$

9,7. Angle de torsion.

La relation (26) du chapitre III (fig. 24) donne :

$$\begin{aligned} \frac{3c}{G} &= \int_G^E e^3 ds = e_2^3 F(B) + e_2^2 [F(D) - F(B)] + \\ &+ e_1^2 [F(E) - F(D)] = 458685,79 \text{ cm}^4. \end{aligned}$$

Et en admettant un coefficient de Poisson ν égal à 0,15 on a :

$$E = 2(1 + \nu) G = 2,3 G,$$

$$C = 1528,9526 \times 10^{-6} G \quad (G \times m^4).$$

La relation (29) du même chapitre donne :

$$\frac{D}{E} = -\frac{\tau_2}{E\theta''} = +0,2538786 \text{ m}^6.$$

La relation (28) du même chapitre donne :

$$a^2 = \frac{D}{C} = 381,90885 \text{ m}^2.$$

La demi-portée du shed étant (fig. 10) :

$$L = 9,5 \text{ m},$$

on a :

$$ch \frac{L}{a} = \frac{1}{2} \left[e^{\frac{L}{a}} + e^{-\frac{L}{a}} \right],$$

$$ch \frac{L}{a} = 1,1205018,$$

$$a^2 \left(1 - \frac{1}{ch \frac{L}{a}} \right) = 41,0715 \text{ m}^2,$$

$$\frac{L^2}{2} - a^2 \left(1 - \frac{1}{ch \frac{L}{a}} \right) = 4,0535 \text{ m}^2.$$

Et en admettant :

$$E = 2 \times 10^6 \text{ t/m}^2,$$

$$\frac{1}{C} = 752,1488 \times 10^{-6} \left(\frac{1}{\text{tm}^2} \right).$$

La relation (37) donne finalement :

$$\xi_{\text{maximum}} = 3048,836 \times 10^{-6} \tau_0, \text{ radians},$$

où τ_0 est exprimé en tm/m.

Si on ne tient pas compte des efforts secondaires, on aurait [article 7,31].

$$\varphi = \frac{\tau_0}{c} \times \frac{L^2}{2} = 45,125 \times 752,1488 \times 10^{-6} \tau_0,$$

$$\cong 35\,000 \times 10^{-6} \tau_0 \text{ radians.}$$

La déformation du profil ouvert, compte non tenu des efforts secondaires serait donc douze fois plus grande.

9,8. Calcul des flèches.

Lors de la construction des sheds d'Amiens, on a mesuré les flèches verticales au point bas du cheneau, point D et au point bas de la nervure supérieure, point G (fig. 24).

Pour le point D nous avons (fig. 28) :

$$\rho_d^c = \rho_b + |a_1| \cos(\alpha - \beta) - |b_1| \sin(\alpha - \beta),$$

$$\rho_b^c = 281,736 \text{ cm.}$$

$$v_D = \varphi \rho_b^c \cos \beta,$$

$$v_D = 7,64 \tau_0 \text{ mm.}$$

Pour le point G nous avons (fig. 29) :

$$\rho_g^c = |\rho_d| - |a_1| \cos(\alpha - \beta) + |b_1| \sin(\alpha - \beta),$$

$$\rho_d^c = 216,561 \text{ cm,}$$

$$v_G = \varphi \rho_g^c \cos \beta,$$

$$v_G = 5,88 \tau_0 \text{ mm.}$$

Nous avons chargé le bas du cheneau d'une charge répartie de 0,2 t/m sur toute la portée de 19 m du shed. Le moment de torsion τ_0 était donc (fig. 30) :

$$c = (x_M + |a_1|) \cos \alpha - (y_M + |b_1|) \sin \alpha,$$

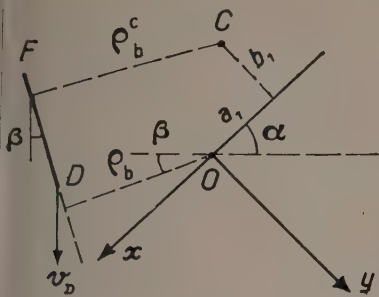


FIG. 28.

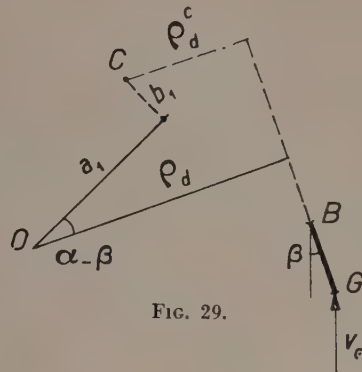


FIG. 29.

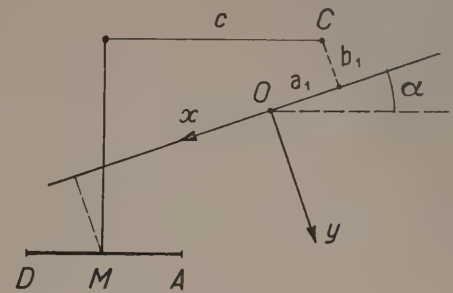


FIG. 30.

$$c = 1,56394 \text{ m},$$

$$\tau_0 = 0,2 c = 0,312788 \text{ tm/m},$$

$$v_D = 7,64 \times 0,313 = 2,4 \text{ mm},$$

$$v_G = 5,88 \times 0,313 = 1,8 \text{ mm}.$$

A ces flèches il y a lieu d'ajouter les flèches dues à la flexion générale du shed. Les axes principaux d'inertie sont indiqués sur la figure 31.

$$\Psi = 3^\circ 2' 27'',5,$$

$$I_{y_1} = 1,891972 \text{ m}^4, I_{x_1} = 0,127391 \text{ m}^4,$$

Les composantes de P suivant ces axes sont :

$$P_{y_1} = P \cos (\alpha - \Psi) = 0,2 \times 0,84195 = 0,16839 \text{ t/m},$$

$$P_{x_1} = P \sin (\alpha - \Psi) = 0,2 \times 0,53955 = 0,10791 \text{ t/m}.$$

Nous utilisons la formule classique :

$$f = \frac{P (2 L)^4}{76,8 E I} = \frac{P \times 19^4}{76,8 \times 2 \times 10^6 \times I} = 848,444 \frac{P}{I} 10^{-6} \text{ m},$$

$$f_{y_1} = \frac{848,444 \times 0,16839}{0,127391} \times 10^{-3} \text{ mm} = 1,12 \text{ mm},$$

$$f_{x_1} = \frac{848,444 \times 0,10791}{1,891972} \times 10^{-3} \text{ mm} = 0,05 \text{ mm}.$$

Composante verticale de la flèche :

$$f_{y_1} \cos (\alpha - \Psi) + f_{x_1} \sin (\alpha - \Psi) = 0,94 + 0,03 \cong 1 \text{ mm}.$$

Nous avons en définitive :

$$\text{Flèche totale du cheneau : } 1,0 + 2,4 = 3,4 \text{ mm}$$

$$\text{Flèche totale de la nervure : } 1,0 - 1,8 = -0,8 \text{ mm}.$$

Les essais de charge ont donné :

$$\text{Flèche du cheneau : } 0,9 \text{ mm}$$

$$\text{Flèche de la nervure : } -2,0 \text{ mm}.$$

Les différences peuvent être justifiées d'une part par l'emploi pour la flexion générale de la formule classique, qui ne semble pas être tout à fait exacte et d'autre part par le fait qu'un seul chargement ait été effectué. En effet pour obtenir des résultats plus satisfaisants il aurait fallu effectuer plusieurs chargements et déchargements successifs. Par ailleurs, le module d'élasticité du béton estimé à $2 \times 10^6 \text{ t/m}^2$, n'a pas été vérifié.

Nous indiquons ci-dessous également les flèches dues au poids propre du shed, soit $1,425 \text{ t/m}$. Le moment de torsion τ_0 est déterminé comme suit : G est le centre

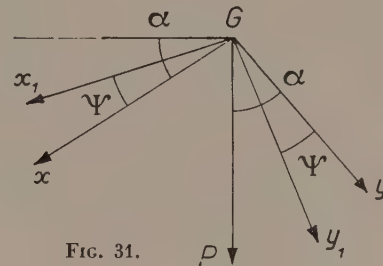


FIG. 31.

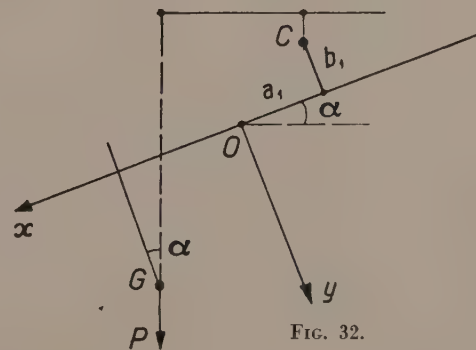


FIG. 32.

de gravité du profil, donc le point d'application du poids du shed. La figure 32 donne :

$$p = [a_1 + x_G] \cos \alpha - [b_1 + y_G] \sin \alpha,$$

$$p = 0,073 \text{ m},$$

$$\tau_0 = 1,425 \times 0,073 = 0,104 \text{ tm/m}.$$

Flèche du cheneau :

$$v_D = 7,64 \times 0,104 = 0,8 \text{ mm}.$$

Flèche de la nervure :

$$v_G = -5,88 \times 0,104 = -0,6 \text{ mm}.$$

La composante verticale de la flèche due à la flexion générale est déterminée en fonction du calcul précédent et proportionnellement aux charges appliquées

$$1 \text{ mm} \times \frac{1,425}{0,2} = 7 \text{ mm}.$$

Flèches totales :

$$\text{Cheneau : } 7 + 0,8 = 7,8 \text{ mm}.$$

$$\text{Nervure : } 7 - 0,6 = 6,4 \text{ mm}.$$

(Reproduction interdite).

ÉDITÉ PAR LA DOCUMENTATION TECHNIQUE
DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS,
6, RUE PAUL-VALÉRY, PARIS-XVI^e.

(Ann. I. T. B. T. P.)

6230-6-59. — Typ. FIRMIN-DIDOT et C^{ie}, Mesnil (Eure).
Dépôt légal : 2^e trim. 1959.

Le Directeur-Gérant : P. GUÉRIN.

DOCUMENTATION TECHNIQUE

138

RÉUNIE EN FÉVRIER 1959

SERVICE DE DOCUMENTATION

L'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics peut en général fournir la reproduction *in extenso* des documents figurant à l'index analytique de documentation : sur microfilms négatifs de 35 mm qui peuvent être lus en utilisant soit un agrandisseur photographique courant, soit un lecteur de microfilms ou sur papiers positifs pour lecture directe.

Les demandes de documents doivent comporter le numéro d'ordre placé en tête de l'analyse, le titre du document et le nom de l'auteur.

Prix des reproductions photographiques (port en sus) :	
Microfilms — la bande de 5 images	250 F
Positifs sur papier — la page :	
Format 13 × 18	110 F
18 × 24	130 F
21 × 27	170 F
Minimum de perception.....	350 F


Ces prix sont susceptibles de variation.

Pour tous renseignements s'adresser à l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics,
6, rue Paul-Valéry, Paris-XVI^e.

I. — INDEX ANALYTIQUE DE DOCUMENTATION

Les références de chaque article sont données dans l'ordre suivant : Numéro d'ordre, titre de l'article, nom de l'auteur, nom de la revue, date, numéro du fascicule, nombre de pages, nombre de planches.

B — ARCHITECTURE ET URBANISME

 1-138. Travaux publics. Expropriation.
JOSSE (P. L.); Editn Sirey, Fr. (1958), 1 vol.,
449 p. — Voir analyse détaillée B. 2594 au
chapitre II « Bibliographie ». — 0.102-58.
CDU 351.712 : 333.11 (03).

Les analyses sont publiées dans l'ordre des rubriques de la classification du système CORDONNIER, établie pour le rangement du fichier de documentation de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics et elles comportent une indexation suivant la notation de la Classification Décimale Universelle (CDU).

C — SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

Ca RÉSISTANCE DES MÉTAUX

2-138. Gauchissement du béton armé dû au retrait (Warping of reinforced concrete due to shrinkage). MILLER (A. L.); J. A. C. I., U. S. A. (mai 1958), vol. 29, n° 11, p. 939-950, 9 fig., 3 réf. bibl. — Présentation d'une théorie selon laquelle l'importance du gauchissement par suite du retrait peut-être déterminée à l'avance; mesures permettant la diminution ou l'élimination du gauchissement. — L'étude concerne principalement les dalles minces ou les poutres de faible hauteur. — E. 53462. CDU 69.059 : 624.012.45 : 666.972.015.46.

3-138. Déformation permanente d'une poutre encastree, frappée transversalement en travée, en un point quelconque (The permanent deformation of an encastred beam struck transversely at any point in its span). PARKES (E. W.); *Proc. Instn. civ. Engrs.*, G.-B. (juil. 1958), vol. 10, p. 277-304, 24 fig., 4 fig. h.-t., 7 réf. bibl. — Etude théorique du comportement d'une poutre frappée par une masse en mouvement. Description d'expériences faites sur des modèles de poutres en acier, en laiton et en duralumin. — E. 53939. CDU 624.044/3 : 539.5 : 624.072.2.

4-138. Calcul statique d'une couverture en forme de voûte, avec tirants sous les charges dues au vent (Statische reseni oblouku s tablem pri zatizeni vetrem). KAUCKY (Z.); *Inzr Stavby*, Tchécosl. (21 oct. 1958), vol. 6, n° 10, p. 546-553, 18 fig., 5 réf. bibl. (résumés russe, allemand, anglais). — Calcul des charges du vent selon les règlements tchécoslovaques. — Calcul de la voûte. Détermination des rectifications à faire dans le cas d'une voûte avec lanternes. Application numérique. — E. 55257. CDU 624.04/42 : 624.074.3 : 624.078.

5-138. Charges du vent sur les bâtiments à toiture à faible pente (Wind loadings on flat-roofed buildings). SALTER (C.); *Engineering*, G.-B. (17 oct. 1958), vol. 186, n° 4832, p. 508-510, 8 fig., 2 réf. bibl. — Compte rendu d'essais au tunnel aérodynamique d'un modèle de bâtiment avec toiture à un seul versant, à pente de 6°. Pressions du vent à la partie supérieure de la toiture; étude des charges de succion, de l'écoulement de l'air, des tourbillons coniques. — E. 55126. CDU 624.042 : 69.024.21 : 69.001.5.

6-138. Etudes aérodynamiques. I — Une tour de réfrigération hyperbolique. — PRIS (R.); *Ann. I.T.B.T.P.*, Fr. (fév. 1959), n° 134 (Essais-mesures : 42), p. 147-168, 33 fig. — La mesure de la traînée, ainsi que celle des pressions sur les parois d'un réfrigérant hyperbolique ont été faites au Laboratoire aérodynamique sur modèle réduit au 1/7000; le dispositif de distribution d'eau n'était pas figuré. Il a été tenu compte des effets de la rugosité sur la valeur des pressions, ainsi que de l'effet de similitude; ce dernier est sensiblement nul. Certaines pressions intérieures ont été également mesurées et une évaluation de la résistance des mâts-supports a été obtenue. Enfin, il a été procédé à la visualisation du courant au niveau supérieur des courants intérieurs et extérieurs; on voit qu'il n'existe pas de vents plongeants à ce niveau. — E. 56763. CDU 69.001.5 : 699.83 : 624.97 : 533.6.

7-138. L'influence des tremblements de terre sur les barrages. I. II. (fin). KOUYOUNDJICH (B.); MILOVANOVITCH (D.); *Construction*, Fr. (août 1958), t. 13, n° 8, p. 225-228, 7 fig.; (sep. 1958),

n° 9, p. 266-272, 9 fig., 25 réf. bibl. — Exposé du résultat d'études effectuées sur l'initiative de l'Entreprise d'Electricité yougoslave chargée de la construction d'une série de grands barrages en Macédoine. Notion et classification des tremblements de terre; étude de l'équilibre des ouvrages sous l'influence des oscillations d'ensemble de la construction. — Etude de l'effet des forces sismiques sur les barrages selon le type de barrage : barrage-voûte, barrage en enrochements, barrage en terre. Influence des tremblements de terre sur le terrain; étude des sols sismiquement inoffensifs et des sols sismiquement dangereux. Résumé d'observations sur l'action des tremblements de terre sur les barrages. — E. 54601, 55031. CDU 699.841 : 627.8 : 624.131.5.

8-138. Les contraintes thermiques dans les barrages-poids, et les procédés permettant d'accélérer la construction de ces ouvrages (Termicka napjatost gravitacnich prehrad a metody jejich urychlene stavby). BABUSKA (I.), MEJZLIK (L.); *Inzr Stavby*, Tchécosl. (21 oct. 1958), vol. 6, n° 10, p. 515-521, 12 fig., 7 réf. bibl. (résumés russe, allemand, anglais). — Présentation des résultats les plus importants enregistrés au cours de plusieurs années sur le chantier de construction du barrage de Orlik (Tchécoslovaquie). Les conclusions infirment les opinions jusqu'ici généralement admises sur le caractère des contraintes thermiques dans les barrages. — E. 55257. CDU 624.043 : 536 : 627.8.

9-138. Poteaux en béton armé soumis à un chargement biaxial (Biaxially loaded reinforced concrete columns). KUANG-HAN CHU, PAFARCIUS (A.); *Proc. A.S.C.E. (J. Struct. Div.)*, U. S. A. (déc. 1958), vol. 84, n° ST8, Pap. n° 1865, 27 p., 24 fig., 12 réf. bibl. — Méthode numérique pour la détermination des contraintes et des déformations dans une section de poteau soumis à une charge axiale de compression et à des moments fléchissants dans les deux plans de symétrie. Etude basée sur le principe du calcul à la rupture (théories de Jensen et Hognestad). — E. 56250. CDU 624.043/4/2 : 624.072.3 : 624.012.45.

10-138. Les notions de contrainte de cisaillement et de contrainte de torsion pour un élément sollicité dans plusieurs plans (Der Begriff der Schubspannung und der Torsionsspannung bei mehrachsiger Beanspruchung). RÜSCH (H.); *Beton-Stahlbau*, All. (oct. 1958), n° 10, p. 249-250, 3 fig., 2 réf. bibl. — Etude de ces notions pour une plaque, dans différents cas de liaisons aux limites. — E. 55077. CDU 624.043/4 : 624.073 : 624.078.

11-138. Relations entre moments et courbure dans les éléments métalliques fléchis et soumis à une charge axiale (Moment curvature relationships for axially loaded members). STEVENS (L. K.); *Civ. Engrg. publ. Works Rev.*, G.-B. (août 1958), vol. 53, n° 626, p. 904-906, 8 fig., 3 réf. bibl. — E. 54450. CDU 624.043/4 : 624.071 : 624.014.2.

12-138. Etude d'une plaque rectangulaire raidie par deux poutres de rive. HASHIN (Z.); *Cah. Rec. théor. et experim. Matér. Struct.* — *Ass. fr. Rech. Essais Matér. Construct.*, Fr. (1958), Cah. n° 7, 141 p., nombr. fig., 35 réf. bibl. — Etude théorique et expérimentale d'une plaque rectangulaire mince simplement appuyée sur deux côtés opposés et raidie par des poutres le long des deux autres. — Etude théorique : théorie générale des plaques minces subissant des déformations sur leur surface

moyenne. Etablissement des conditions aux limites. Fonction de contraintes d'Airy; contraintes et déplacements bidimensionnels. Solution générale pour une charge variable avec la longueur X. Solution générale pour une charge agissant le long de l'axe de symétrie Y = 0. Méthode de calcul des constantes. Solution détaillée pour une charge uniformément répartie. Solution détaillée pour une charge concentrée sur l'axe de symétrie Y = 0. Méthode pour résoudre le cas d'une charge concentrée générale, remarques sur la solution théorique. — Etude expérimentale : analyse des contraintes pour jauges à fil résistant. Modèle et dispositifs de chargement. Mesure des flèches et comparaison avec valeurs théoriques. Principes de disposition des jauges. Problèmes soulevés par la réalisation pratique des expériences. Comparaison entre résultats expérimentaux et théoriques. — E. 54616. CDU 624.04 : 624.073/8 : 69.001.5.

13-138. Le concept de paramètres élastiques (Concept of elastic parameters). LEONTOVICH (V.); J.A.C.I., U. S. A. (mai 1958), vol. 29, n° 11, p. 987-1008, 9 fig., 6 réf. bibl. — Définition et signification des paramètres élastiques d'un élément de construction. Relations mathématiques existant entre les propriétés élastiques de l'élément et ses paramètres élastiques. — E. 53462. CDU 539.3 : 624.07/04.

14-138. Vibrations longitudinales dans des barres constituées de différents matériaux. Solution du problème dans le cas de matériaux à caractéristiques linéaires I. II. (Vibrazioni longitudinali in materiali a diverso comportamento. La soluzione del problema nel caso di materiali con caratteristiche ereditarie lineari). DEI POLI (S.); *Acciaio Costr. metall.*, Ital. (sep.-oct. 1958), n° 5, p. 229-236, 12 fig.; (nov.-déc. 1958), n° 6, p. 284-294, 1 fig., 48 réf. bibl. — Etude théorique des vibrations longitudinales dans les solides homogènes de faible section transversale par rapport à la longueur. — Cas particulier de l'influence du comportement visqueux ou plastique du corps. — E. 55922, 56575. CDU 534 : 624.071.3 : 539.2/5.

15-138. Etude des vibrations du pont de Golden Gate (U. S. A.) (Golden Gate bridge vibration studies). VINCENT (G. S.); *Proc. A.S.C.E. (J. Struct. Div.)*, U. S. A. (oct. 1958), vol. 84, n° ST6, Pap. n° 1817, 40 p., 18 fig., 12 réf. bibl. — Etude des enregistrements des mouvements du pont relevés depuis plusieurs années par des appareils placés en dix points du pont. Corrélation avec la vitesse du vent. Comparaison de ces résultats à ceux de l'étude théorique des vibrations de l'ouvrage, et aux renseignements fournis par des essais sur modèles examinant le comportement du pont sous l'action de vents de vitesses différentes. — E. 55483. CDU 534 : 624.5 : 624.042 : 69.001.5.

16-138. Le flambement de l'âme et le calcul des tôles d'âme (Web buckling and the design of web plates). ROCKEY (K. C.); *Struct. Engrg.*, G.-B. (sep. 1958), vol. 36, n° 9, p. 310-317, 1 fig., 8 réf. bibl. — Discussion de l'art. de *Struct. Engrg.* fév. 1958, vol. 36, n° 2, p. 45-60, 19 fig., 33 réf. bibl., paru dans notre DT. 126 de juin 1958, art. 35. — E. 54590. CDU 624.075 : 624.072.2 : 621.77.

17-138. Longueurs de flambement des montants portiques en béton armé (Comprimento de flambagem em porticos de concreto armado). BLESSMANN (J.); *Estrutura*, Brésil (1958),

n° 6, p. 276-292, 13 fig., 4 réf. bibl. — Etude des portiques simples à deux articulations et des portiques simples encastres. — Flambelement dans le plan normal à celui du portique. Longueurs de flambement. — E. 53332.
CDU 624.075.2 : 624.072.33 : 624.012.45.

18-138. Contribution à la détermination pratique de l'éclatement de comparaison λ_{στ} de barres à section ouverte, à parois minces et à un plan de symétrie, soumises à une compression centrée I. II. (fin). (Beitrag zur praktischen Ermittlung der Vergleichsschlankei λ_{στ} von mittiggedrückten Stäben mit einfachsymmetrischem offenem dünnwandigem Querschnitt). KLÖPPEL (K.), SCHARDT (R.); *Stahlbau*, All. (fév. 1958), n° 2, p. 35-42, 7 fig., 4 réf. bibl.; (oct. 1958), n° 10, p. 262-270, 15 fig., 1 réf. bibl. — E. 51848, 55217.
CDU 624.075.2 : 624.071.3 : 691.714.

19-138. Introduction à l'étude des propriétés rhéologiques des mélanges hydrocarbonés. HUET (J.); *Centre Rech. rout.*, Belg. (mai 1958), Rapp. Rech. n° 62/JH/1958, xi + 97 p., 32 fig., 64 réf. bibl. — Examen théorique portant sur les points suivants : comportement visqueux d'un matériau non-newtonien au cisaillement simple, en tension et en compression; variation de volume des matériaux visqueux soumis à des contraintes; comportement rhéologique des matériaux soumis à un cisaillement simple au viscosimètre rotatif. Aperçu sur l'étude expérimentale des propriétés rhéologiques des matériaux bitumineux. — E. 54809.
CDU 539.5 : 691.16.

20-138. Effets dynamiques, et viscosité des matériaux (Azioni dinamica e viscosità dei materiali). BERIO (A.); *Cemento*, Ital. (juil. 1958), n° 7, p. 3-10, 4 fig., 19 réf. bibl. — Etude de la résistance des structures en treillis soumises à des efforts d'une intensité exceptionnelle et de courte durée; mise en évidence de l'influence considérable des caractéristiques elastoplasto-visqueuses du matériau sur le comportement des ouvrages. — Exemple numérique : cas d'un réservoir reposant sur une tour en treillis et soumis à un effort horizontal de courte durée; détermination des déformations suivant les propriétés mécaniques de l'acier. — E. 54773.
CDU 539.3/5 : 624.074.5 : 691.

21-138. Résistance transversale de murs réalisés en agglomérés de béton (Transverse strength of concrete block walls). COX (F. W.), ENNEGA (J. L.); *J.A.C.I.*, U. S. A. (mai 1958), vol. 29, n° 11, p. 951-960, 10 fig., 4 réf. bibl. — Etude du comportement de douze spécimens de murs soumis à des essais de flexion simple dans un plan horizontal. Caractéristiques des divers types d'agglomérés utilisés. Description de l'équipement d'essai, et interprétation des résultats. — Discussion. — E. 53462.
CDU 620.16/17 : 69.022 : 693.2/327 : 624.072.2.

22-138. Recherches théoriques et expérimentales sur la résistance des arcs circulaires et des coupes en béton armé, et leur rupture suivant des plans ayant une certaine inclinaison par rapport au rayon (En russe). *Beton Jezebeton*, U. R. S. S. (mai 1958), n° 5, p. 187-190, 11 fig. — E. 53654.
CDU 539.4 : 624.072.32 : 624.012.45.

Cac ni Procédés de calcul.

23-138. Sur le calcul des voiles cylindriques circulaires de grande longueur (Zur Berechnung langer Zylinderschalen). KIRCHNER (G.); *Bauingenieur*, All. (sep. 1958), n° 9, p. 331-336, 17 fig., 7 réf. bibl. — L'étude « mathématique » et l'étude « statique » des voiles cylindriques. — Développement et application de la méthode « statique » de calcul de ces voiles de grande longueur. — E. 54984.
CDU 624.04 : 624.074.4/7.

24-138. Sur la détermination des contraintes de membrane dans les voiles à double courbure sur plan rectangulaire (Sulla determinazione delle tensioni di membrana nei gusci a doppia curvatura su pianta rettangolare). DI PASQUALE (S. G.); *Cemento*, Ital. (août 1958), n° 8, p. 3-8, 7 fig., 6 réf. bibl. — Méthode de calcul ramenant l'étude d'une voile à projection rectangulaire à celle d'un voile à projection carrée. Application aux paraboloïdes elliptiques et aux paraboloïdes hyperboliques. — E. 55084.
CDU 624.04/43 : 624.074.4.

25-138. Calcul direct des treillis hyperstatiques de constitution optima (Direct design of optimum indeterminate trusses). LAUSHEY (L. M.); *Proc. A.S.C.E. (J. Struct. Div.)*, U. S. A. (déc. 1958), vol. 84, n° ST8, Pap. n° 1867, 35 p., 13 fig., 26 réf. bibl. — Présentation d'une méthode de calcul directe et simplifiée des treillis à multiples liaisons surabondantes. Introduction du principe du travail potentiel permettant d'obtenir les contraintes maxima admissibles dans les barres. Détermination de la structure suivant le principe du poids minimum. — E. 56250.
CDU 624.04 : 624.074.5 : 624.075/8.

26-138. Etude de la mécanique des constructions par la méthode énergétique (Consideratii asupra solutiilor energetice ale mecanich constructiilor). IOSIF (A.), DECEBAL (A.); *Bul. Stiint. Teh. Inst. Politeh. Timisoara*, Roum. (juil.-déc. 1957), t. 2, n° 2, p. 215-226, 30 fig., 12 réf. bibl. (résumés allemand, russe). — Présentation d'une méthode énergétique de calcul statique et dynamique des systèmes plans composés de barres orthogonales. — E. 55088.
CDU 624.04 : 624.072.33.

27-138. Méthode pratique de calcul des structures prismatiques dont l'épaisseur de la section comporte des liaisons multiples, en cas de torsion par voilement (Praktische Methode zur Untersuchung von prismenförmigen Faltwerken mit vielfach zusammenhängendem Querschnitt bei Wölbrafftorsion). WARBANOFF (C. P.); *Bauplan.-Bautech.*, All. (oct. 1958), n° 10, p. 430-434, 11 fig., 5 réf. bibl. — Exposé d'un procédé de calcul simplifié. Comparaison de ses résultats à ceux fournis par les procédés classiques. — E. 55012.
CDU 624.04 : 624.074.5 : 624.078/75.3.

28-138. Détermination des contraintes développées par suite des efforts dus au vent, dans les murs de refend comportant des ouvertures de grandes dimensions. I. II. (fin). (Estimating wind stresses in cross walls with large openings). ZBIROHOWSKI-KOSCIA (K.); *Civ. Engng publ. Works Rev.*, G.-B. (juin 1958), vol. 53, n° 624, p. 675-678, 9 fig. (juil. 1958), n° 625, p. 795-797, 7 fig. — Procédé de calcul appliqué aux bâtiments à étages multiples à ossature en béton armé. — E. 53611, 54020.
CDU 624.042 : 69.022.1 : 693.95.

29-138. L'activité du Comité européen du Béton (The work of the European Committee for Concrete). BAKER (A. L. L.); *Reinf. Concr. Rev.*, G.-B. (sep. 1958), vol. 4, n° 11, p. 637-677, 14 fig., 6 réf. bibl. — Texte d'un rapport provisoire, présenté à une réunion commune de l'« Institution of Structural Engineers » et de la « Reinforced Concrete Association », le 23 janvier 1958 à Londres, et concernant notamment le calcul à la rupture des éléments en béton armé, l'exécution et l'interprétation des essais. — E. 55213.
CDU 624.012.45 (061.3).

30-138. Stabilité des bâtiments de grande hauteur (The stability of tall buildings). WOOD (R. H.); *Proc. Instn civ. Engrs*, G.-B. (sep. 1958), vol. 11, p. 69-102, 22 fig., 5 fig. h.-t., 33 réf. bibl. — Les avantages découlant de la plasticité des éléments de construction sont bien établis, mais ces avantages peuvent être diminués en ce qui concerne les ossatures

à étages multiples, en raison de la réduction simultanée de la stabilité élastique. Les difficultés rencontrées actuellement dans l'étude de l'instabilité des ossatures sont dues au fait que dans le passé on a négligé de tenir compte du rôle d'élément raidisseur joué par les revêtements de façade. Après un exposé des travaux de la Building Research Station de Grande-Bretagne et des recherches d'autres écoles, on souligne la nécessité de mettre au point des méthodes rapides de calcul, en distinguant les méthodes de calcul « sans oscillations » et les méthodes basées sur le déplacement latéral des nœuds, et en tenant compte de l'interaction des différents éléments. En conclusion, le comportement général des ossatures réalisées conduit à préférer le calcul à la rupture. — E. 54793.
CDU 624.04 : 693.9 : 721.011.27.

31-138. Méthode de calcul élasto-plastique des portiques et des poutres continues (Elastic-plastic analysis of continuous frames and beams). JOHNSON (L. P. jr.), SAWYER (H. A. jr.); *Proc. A. S. C. E. (J. Struct. Div.)*, U. S. A. (déc. 1958), vol. 84, n° ST8, Pap. n° 1879, 23 p., 9 fig., 14 réf. bibl. — E. 56250.
CDU 624.04 : 539.3/5 : 624.072.2/33 : 624.075.

32-138. Le calcul automatique des ouvrages à ossature métallique soumis à des charges permanentes ou variables (Automatic analysis of steel framed structures under fixed and varying loads). HEYMAN (J.); *Proc. Instn civ. Engrs*, G.-B. (jan. 1959), vol. 12, p. 39-56, 17 fig., 9 réf. bibl. — Exposé faisant suite aux recherches patronnées par la International Business Machines Corporation (I. B. M.) de New York : méthodes permettant de rendre automatique le calcul de ces structures, c'est-à-dire dispensant le calculateur de raisonnements qui sont nécessaires si l'on utilise les méthodes classiques. Application au calcul de divers types de portiques. — E. 56323.
CDU 624.04 : 624.072.33 : 624.014.2.

33-138. L'étude et les programmes d'emploi des calculatrices électroniques pour les calculs statiques, explicites dans le cas du calcul des poutres continues. I. II. (fin) (Benutzung programmgesteuerter Rechenautomaten für statische Aufgaben erläutert am Beispiel der Durchlaufträgerberechnung). SCHEER (J.); *Stahlbau*, All. (sep. 1958), n° 9, p. 225-229, 5 fig., 5 réf. bibl.; (oct. 1958), n° 10, p. 275-280, 4 fig., 4 réf. bibl. — E. 54757, 55217.
CDU 624.04 : 518 : 621.38.

34-138. Comment éviter le poinçonnement des dalles de fondation peu épaisses (Zur Sicherung dünner Fundamentplatten gegen Durchstanzen). FUCHSSTEINER (W.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (oct. 1958), n° 10, p. 265-267, 8 fig., 5 réf. bibl. — Calcul des armatures de cisaillement. — E. 55077.
CDU 624.04 : 624.15 : 624.012.45 : 693.554.

35-138. Sur la question des armatures en treillis de voiles minces (Zur Frage der Netzbe- wehrung von Flächentragwerken). SCHOLZ (G.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (oct. 1958), n° 10, p. 250-255, 9 fig., 13 réf. bibl. — Exposé détaillé d'une méthode de calcul des réseaux d'armatures, rectangulaires ou non, des voiles plans ou courbes. — E. 55077.
CDU 624.04 : 624.074.4 : 624.012.45 : 693.554.

36-138. Méthode matricielle de calcul des structures hyperstatiques. DONY (E.), GOETHALS (J.); *Acier*, Fr. (jan. 1959), n° 1, p. 33-40, 22 fig., 6 réf. bibl. — Article faisant suite à l'étude ci-après : « Méthode matricielle de calcul des tuyauteries soumises à expansion thermique entravée », *Acier*, n° 9, 10, 11, 12 de 1957, et présentant les conditions d'application générale de la méthode exposée précédemment. — E. 56324.
CDU 624.04 : 621.643.2 : 624.043/78 : 536.

37-138. Recueil d'exercices de calcul statique. Tome I. Énoncé des problèmes. — Solutions. (Aufgabensammlung aus dem Gebiet der Statik). GEIGER (Fr.); Edit.: *Werner-Verlag GmbH.*, All., 2 vol.: I: (1958), xii + 310 p., 315 fig. — II: (1954), 112 p., 281 fig. — Voir analyse détaillée B. 2610 au chapitre II « Bibliographie ». — O. 75-58.

CDU 624.04/07 (03).

38-138. Calcul des massifs d'ancrage des canalisations (compte tenu des efforts non équilibrés dans les coudes) (Design of pipeline anchor blocks). SOLLID (E.); *Water Power*, G.-B. (nov. 1958), vol. 10, n° 11, p. 419-420, 2 fig. — E. 55275.

CDU 624.04 : 624.15 : 621.646.

39-138. La méthode des charges fictives et son application dans les théories élastiques et plastiques des structures (The conjugate frame method and its application in the elastic and plastic theories of structures) LEE (S. L.); *J. Franklin Inst.*, U. S. A. (sep. 1958), vol. 266, n° 3, p. 207-222, 10 fig., 11 réf. bibl. — Exposé sur l'extension de la méthode des charges fictives à l'étude de la déformation des ossatures constituées de portiques encastrés. La première partie traite du calcul élastique des portiques; la seconde de l'application de la méthode proposée à l'étude des déformations des portiques soumis à des charges voisines des charges de rupture. Des exemples explicitent l'emploi de la méthode. — E. 55064.

CDU 624.04/42/44 : 624.072.33 : 624.078.

40-138. Calcul des ossatures dans l'espace par la méthode des déformations (Reseni prostorovych skeletovych konstrukci deformacni metodou). STASTNY (M.); *Inzen. Stavby*, Tchecosl. (21 sep. 1958), vol. 6, n° 9, p. 490-498, 16 fig. (résumés russe, allemand, anglais). — Exposé d'une méthode consistant dans la composition des moments fléchissants et des moments de torsion aux différents nœuds de l'ossature, et dans l'établissement d'une équation résultant de l'application de la méthode des déformations et élargie en conséquence. — Résolution de cette équation, soit pour le calcul des déformations successivement dans deux directions, soit pour le calcul simultané des composantes des déformations dans l'espace. — E. 54759.

CDU 624.04 : 693.8/9 : 624.044.

41-138. Prise en compte de la rigidité à la torsion des poutres de rive dans les ossatures en portiques (Berücksichtigung der Torsionssteifigkeit von Randträgern in rahmenartigen Tragwerken). HALBRITTER (F.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (oct. 1958), n° 10, p. 267-271, 7 fig., 1 réf. bibl. — E. 55077.

CDU 624.04 : 624.072.33/2 : 624.075.3.

42-138. Le calcul des membrures comprimées de section élancée, en béton armé (The design of slender reinforced concrete compression members). MADHAVAN (K.), PARASURAMAN (M. P.); *Civ. Engng Publ. Works Rev.*, G.-B. (oct. 1958), vol. 53, n° 628, p. 1141-1142, 2 fig., 5 réf. bibl. — E. 55145.

CDU 624.04 : 624.072.3 : 624.012.45.

43-138. Méthode de calcul et de contrôle des sections rectangulaires d'éléments soumis à des efforts de compression et de flexion (Un metodo di progetto e di verifica per le sezioni rettangolari pressoinflesse). MINERVINI (E.); *G. Genio. civ.*, Ital. (sep. 1958), n° 9, p. 593-597, 5 fig. — Exposé d'une méthode simple de calcul. Présentation des abaques à utiliser. Exemple numérique. — E. 55802.

CDU 624.04 : 624.072.3.

44-138. Abaques pour le calcul des poutres en béton précontraint à table supérieure (Design charts for prestressed concrete beams forming a deck). ROBERTSON (R. G.); *Proc. Instn. civ. Engrs*, G.-B. (mai 1958), vol. 10, p. 19-38, 20 fig., 9 réf. bibl. — Exposé d'une méthode

permettant à l'aide d'abaques de déterminer les dimensions économiques de ces poutres à section en T. Emploi des mêmes abaques dans le cas où la table supérieure est coulée sur place, et liée à la partie préfabriquée des poutres; étude du cas où seule une partie de la table est coulée sur place. Exemples d'applications. Présentation d'un abaque pour des dalles de type mixte. Influence du retrait et du fluage différentiel sur les contraintes dans les poutres mixtes. — E. 53060.

CDU 624.04 : 624.072.2 : 624.012.46 : 518.

45-138. Procédé d'itération amélioré pour le calcul des poutres continues (Verbessertes Iterationsverfahren für durchlaufende Balken). CRAEMER (H.); *Bauingenieur*, All. (sep. 1958), n° 9, p. 336-338, 3 fig. — Présentation d'un procédé simplifié dont le développement permet l'élimination des erreurs. Exemples d'application. — E. 54984.

CDU 624.04 : 624.072.2 : 624.075.

46-138. Un nouveau procédé de calcul des poutres continues et des portiques multiples (Um novo processo de calculo para vigas continuas e quadros associados). MOREIRA DA ROCHA (A.); *Estrutura*, Brésil (1958), n° 8, p. 571-581, 11 fig. — Présentation de la méthode. — Exemples numériques. — E. 54487.

CDU 624.04 : 624.072.2 33 : 624.075.

47-138. Abaques pour poutres continues de section constante en béton précontraint (Design charts for prestressed concrete continuous beams of uniform section). ROBERTSON (R. G.); *Proc. Instn. civ. Engrs*, G.-B. (mai 1958), vol. 10, p. 39-58, 6 fig., 15 réf. bibl. — Présentation d'une méthode permettant de calculer la disposition la plus économique des travées et la section appropriée de poutres continues sur trois travées soumises à une charge mobile et à une charge concentrée. La méthode est complétée par des abaques, et illustrée par des exemples pour des poutres en I symétriques. Ces poutres sont comparées à des poutres continues à goussets, et à des poutres simplement appuyées. — E. 53060.

CDU 624.04 : 624.072.2 : 624.075 : 624.012.46 : 518.

48-138. Calcul des poutres cloisons d'après le procédé de l'assemblage. II. (fin) (Berechnung wandartiger Träger nach dem Zusammensetzverfahren für spiegelgleiche Belastung). VALENTIN (W.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (oct. 1958), n° 10, p. 255-263, 20 fig. — I. analysé dans notre DT. 121 de janvier 1958, article 38. — E. 55077.

CDU 624.04 : 624.072.2 : 69.022.5.

49-138. Dispositions commodes pour le calcul des portiques par itération (Una comoda disposizione dei calcoli per la risoluzione per iterazione dei telai). MERLINO (F.); *Cemento*, Ital. (sep. 1958), n° 9, p. 3-12, 17 fig., 4 réf. bibl. — Étude des moyens permettant d'étendre aux portiques à nœuds déformables la méthode de Cross valable pour le calcul statique des portiques à nœuds rigides. — E. 55401.

CDU 624.04 : 624.072.33 : 624.078.

50-138. Introduction à une méthode générale pour la résolution des portiques plans (Introduzione ad un metodo generale per la risoluzione dei telai piani). CAMIZ (V.); *G. Genio. civ.*, Ital. (sep. 1958), n° 9, p. 570-575, 2 fig. — Présentation d'une série de formules générales de calcul des types quelconques de portiques plans avec poutres droites ou courbes, sans articulations, articulées à une extrémité, articulées aux deux extrémités. — E. 55802.

CDU 624.04 : 624.072.33 : 624.072.2/4.

51-138. Méthode de distribution des moments pour le calcul des portiques Vierendeel à montants inclinés et des poutres Vierendeel avec membrures supérieures inclinées (A moment-distribution method for Vierendeel bents and girders with inclined chords). LIGHTFOOT (E.); *Proc. Instn. civ. Engrs*, G.-B. (juil. 1958),

vol. 10, p. 321-352, 20 fig., 16 réf. bibl. — Présentation d'une méthode qui est une extension des théories et méthodes de calcul récente de la distribution des moments. L'exposé théorique est illustré par l'exemple de trois systèmes. Le premier est un portique à trois étages, le second une poutre Vierendeel à cinq panneaux. La méthode du « degré d'encastrement » est également expliquée pour le second exemple et est ensuite appliquée au troisième système qui est une poutre Vierendeel à sept panneaux. — E. 53939.

CDU 624.04 43 : 634.072.33 : 624.078.

52-138. Étude de la plaque en forme de triangle isocèle, encastrée sur deux côtés simplement appuyée suivant l'hypoténuse et sollicitée par une charge uniformément répartie (Estudo da placa triangular, retangulara isosceles, engastada en dois lados e solicitada por carga uniformemente distribuida e total). LARANJEIRAS (A. C.); *Estrutura*, Brésil (1958), n° 9, p. 39-48, 5 fig. — E. 55010.

CDU 624.04 : 624.073 78.

53-138. Calcul des dalles rectangulaires pour certains cas spéciaux d'appui et de chargement. I. à IX. (Calcolo de lajes retangulares para casos especiais de apoios e carregamentos). DA ROCHA (A. M.); *Estrutura*, Brésil (1957), n° 1, p. 93-109, 10 fig.; n° 2, p. 235-246, 9 fig.; n° 3, p. 330-348, 12 fig.; (1958), n° 5, p. 161-165, 6 fig.; n° 6, p. 293-305, 10 fig.; n° 8, p. 600-622, 13 fig.; n° 9, p. 74-86, 8 fig.; n° 10, p. 193-209, 20 fig.; n° 12, p. 465-487, 16 fig. — E. 50704, 51021, 51342, 53057, 53332, 54487, 55010, 55342, 56322. —

CDU 624.04 : 624.073 78 42.

54-138. Les tours de grande hauteur : caractéristiques des boulons d'ancrage destinés à permettre à l'ouvrage de résister aux moments de renversement (Tall towers: the design of anchor bolts to resist overturning). BOYD (G.); *Proc. Instn. civ. Engrs*, G.-B. (juin 1958), vol. 10, p. 193-200, 6 fig., 3 réf. bibl. — Présentation d'une méthode pour le calcul des boulons d'ancrage de tours élancées métalliques non étayées, élevées sur poutre annulaire de fondation en béton (par exemple colonnes de distillation, cheminées), soumises à un moment de renversement provoqué par la pression du vent. — E. 53422.

CDU 624.078.2 : 624.97 : 624.15.

55-138. Considérations critiques sur le calcul des barrages en béton (Consideratii critice asupra calculului barajelor de beton). MATEESCU (C.); *Hidrotehnica*, Roum. (sep. 1958), n° 9, p. 325-344, 17 fig., 27 réf. bibl. — Revue des problèmes à résoudre dans l'étude et la construction de barrages en béton. Aspect probabiliste de la question, en ce qui concerne tant les barrages-poids que les barrages-voûtes. — E. 55933.

CDU 624.04 : 627.8 : 693.5.

56-138. Expressions matricielles des formules de la résistance des matériaux. — FANJAT de SAINT-FONT (A.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (fév. 1959), n° 134 (Théories et méthodes de calcul : 32) p. 127-146, 3 fig. — Les problèmes techniques chaque jour plus complexes nécessitent la création de nouveaux outils mathématiques au nombre desquels figure le calcul matriciel. Ces nouvelles méthodes permettent une « économie de pensée » qui ouvre un domaine d'activité plus vaste à un même individu. — Les formules et méthodes classiques de la résistance des matériaux établies pour les poutres droites et les arcs, deviennent d'un emploi inextricable lors de l'étude des poutres courbes, planes ou gauches. Il est donc nécessaire de construire un nouvel arsenal de formules. — Après un rappel de formules et de notations propres au calcul matriciel, un raisonnement identique à ceux des exposés traditionnels de la résistance des matériaux conduit à une expression matricielle de la loi de Hooke, puis aux relations donnant les paramètres de la déformation en fonction des éléments de réduction. On en

déduit l'expression du vecteur contrainte en un point d'une section. Il est intéressant de noter la contraction d'écriture obtenue et l'identité formelle avec la loi de Hooke et les formules classiques. En passant, il apparaît intéressant de généraliser la notion de matrices pour obtenir des matrices plus aptes encore à représenter les formules générales de la résistance des matériaux. — L'écriture matricielle des opérations vectorielles permet d'écrire le travail des forces élastiques sous forme extrêmement condensée. — E. 56763.

CDU 624.04 : 518.

57-138. Nouvelles considérations sur le tracé des lignes d'influence des moments fléchissants et des efforts tranchants et étude détaillée du tracé des lignes d'influence des caractéristiques de déformation dans les poutres continues à nœuds non déplaçables et dans les portiques multiples à un niveau (Ulteriori considerazioni sul tracciamento delle linee di influenza dei momenti flettenti e degli sforzi taglianti e considerazioni estensive sul tracciamento delle linee di influenza delle caratteristiche di deformazione nelle travi continue a vincoli non spostabili e nei portali multipli ad un piano). FRXA (U.); G. Genio civ., Ital. (sep. 1958), n° 9, p. 576-586, 4 fig. — E. 55802.

CDU 624.04 42.43.44 : 624.072.2.33 : 624.075.

Caf Essais et mesures.

58-138. Sur un procédé rapide de contrôle de la préparation et de la mise en œuvre de l'asphalte coulé (Ueber ein Schnellverfahren zur Kontrolle der Aufbereitung und des Einbaues von Gussasphalt). ECKLE (A.); Bitumen, All. (août 1958), n° 7, p. 133-136, 8 fig. — Procédé basé sur la détermination de la consistance. — E. 54476.

CDU 620.1 : 625.75.

59-138. La mesure de la flèche des ouvrages d'art. RAJADE (J.); Ann. Ponts Chauss., Fr. (sep.-oct. 1958), n° 5, p. 657-668, 3 fig., 2 réf. bibl. — Indications sur l'emploi du fleximètre. Erreur de dilatation thermique du fil. Erreur due à la résistance passive du fleximètre. Erreurs spéciales aux essais dynamiques. Emploi de fils fortement tendus. — E. 55147.

CDU 624.044 : 624.2/9 : 620.1.05.

60-138. La rupture en flexion à grande vitesse de mélanges hydrocarbonés. HUBRECHT (L.); Centre Rech. rout., Belg. (1958), Rapp. Rech. n° 60, LH, iv + 61 p., 36 fig., 13 réf. bibl. — Compte rendu d'essais effectués sous les auspices de l'Institut belge pour l'Encouragement de la Recherche scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture. — Des mortiers et bétons hydrocarbonés (au bitume et au goudron) ont été soumis à flexion très rapide jusqu'à rupture dans une gamme de températures allant de -20°C à +30°C (durée environ 1/40 de seconde). On indique également les résultats de quelques mesures de résistance à la traction directe, effectuées sur des bétons hydrocarbonés, mais à des vitesses plus faibles. — E. 55097.

CDU 539.4 : 625.8.06/7 : 691.16 : 620.16/17.

61-138. Aciers à haute résistance pour béton armé (Oteluri superioare pentru constructii din beton armat). SERBAN (M.), KAHAN (M.); Rev. Constr. Mater. Constr., Roum. (mai 1958), n° 5, p. 269-279, 26 fig. — Résultats d'essais d'armatures en aciers spéciaux exécutés par l'Institut roumain de Recherches et d'Etudes pour les Constructions. — E. 54171.

CDU 693.554 : 691.714 : 539.4 : 620.1.

62-138. Force portante des murs en béton et en béton armé (Betoniseinin ja keskeisesti jäykistetyin teräsbetoniseinin kantokyvyystä). ÄNGERVO (K.); Rakennus Insri, Finl. (1958), n° 9, p. 106-112, 20 fig., 14 réf. bibl. — Compte rendu d'essais de chargement d'éléments de

murs soumis à des charges centrées. — E. 55186.

CDU 620.17 : 69.022 : 624.012.4.45.

63-138. Nouveaux essais de systèmes triangulés (Further tests on braced frameworks). MURRAY (N. W.); Proc. Instn civ. Engrs, G.-B. (août 1958), vol. 10, p. 503-516, 14 fig., 4 réf. bibl. — Description d'essais effectués sur six ensembles triangulaires métalliques de 3 m de portée maximum, et sur trois petites poutres Warren. — Les six treillis de grandes dimensions étaient constitués de poutrelles en acier laminé de 76,2 × 38 mm; les poutres Warren avaient été réalisées avec le même lot de barres, et étaient de forme identique, en vue de déterminer la dispersion des valeurs des charges de rupture. — E. 54388.

CDU 69.001.5 : 624.072.33 : 624.078 : 624.014.2.

64-138. Essais de poutres en béton précontraint en vraie grandeur (Test of full-sized prestressed concrete bridge beams). LYSE (I.); J. A. C. I., U. S. A. (mai 1958), vol. 29, n° 11, p. 979-985, 4 fig., 3 réf. bibl. — Essais à la rupture de deux poutres de 53,4 m de longueur identiques à celles réalisées pour le pont de Mandal, en Norvège. — Ces essais ont été organisés par le Service des Ponts du Département norvégien des Routes à la demande du laboratoire du béton de l'Institut norvégien de Technologie. — Déformations plastiques et élastiques dues à la précontrainte; retrait dû au séchage du béton. La charge ayant provoqué la première fissure avait la valeur calculée, et les déformations mesurées dans les poutres concordaient elles aussi avec celles déterminées par le calcul. — E. 53462.

CDU 69.001.5 : 624.072.2 : 624.012.46.

65-138. Sur la meilleure façon de procéder au contrôle de la qualité, et les possibilités qui en résultent pour améliorer celle-ci. et réduire le coût des ouvrages (Ueber die zweckmässigste Art der Güterprüfung und die daraus entstehenden Möglichkeiten zur Beeinflussung von Qualität und Preis der Bauwerke). RÜSCH (H.); Ingenieur, Pays-Bas (18 juil. 1958), n° 29, p. Bt. 73-Bt. 81, 9 fig. (résumé anglais). — Exposé général sur les critères de qualité à exiger dans les contrôles et essais, notamment dans le domaine de la construction en béton. Prélèvement des échantillons; interprétation des résultats d'essais. — E. 54047.

CDU 620.16/17 : 624.012.4 : 69.003.

66-138. Procédé d'interprétation des essais de charge sur les planchers (Verfahren zur Auswertung von Belastungsproben auf Decken). CSOKA (P.); Bautechnik, All. (oct. 1958), n° 10, p. 396-399, 15 fig., 1 réf. bibl. — E. 55216

CDU 69.001.5 : 69.025.22.

Ce MÉCANIQUE DES FLUIDES. HYDRAULIQUE

67-138. Sur la mécanique du mouvement des matériaux solides. YALIN (S.); Houille blanche, Fr. (nov. 1958), n° 6, p. 607-618, 10 fig., 8 réf. bibl. — Etude théorique du problème. — Réaction du courant sur les éléments du fond; début d'entraînement des matériaux solides; mouvement du matériau solide. — E. 56106.

CDU 532 : 691.

68-138. La sous-pression dans les barrages-poids (Méthodes de calcul, recherches expérimentales et théoriques) (Uplift in gravity dams. — Calculation methods, experiments and design theories). LELIAVSKY (S.); Edit.: Constable and Cy, Londres, G.-B. (1958), 1 vol., viii + 267 p., 151 fig., réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2604 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 0.134-58.

CDU 532.5 : 627.8 : 624.043 : 693.5 (03).

69-138. Les différentes formules de pertes de charge dans les pipe-lines. Application au pipe-line Le Havre-Paris. CAPDEVILLE (J. B.);

Mém. Trav. Soc. hydrotech., Fr. (1958), Suppl. au vol. I : L'hydraulique des nappes d'hydrocarbures et de gaz. — L'hydraulique et l'énergie géothermique, p. 31-42, 8 fig., 6 réf. bibl. — (Compte rendu des séances du Comité technique organisées les 21 et 22 novembre 1957 par la Société hydrotechnique de France avec le concours de l'Institut français du Pétrole, des Sociétés pétrolières et du Gaz de France). — E. 53407.

CDU 532.5 : 621.643.2 : 662.75.

70-138. Conditions d'obtention d'un débit constant dans une conduite en pression percée de trous (Erogazione costante di portata da una condotta in pressione forata). NOSEDA (G.); Energ. elettr., Ital. (août 1958), vol. 35, n° 8, p. 762-770, 10 fig., 4 réf. bibl. — Etude des écoulements se produisant dans une conduite sous pression percée de trous, sur toute la longueur de laquelle le débit resterait le même. Cas d'une conduite à section constante et trous de diamètre variable; cas d'une conduite à section variable et trous de diamètre constant. — E. 55035.

CDU 532 : 621.643.2 : 621.646.

71-138. Coup de béliard dû à une fermeture instantanée dans une conduite à caractéristiques multiples. ESCANDE (L.); Mém. Trav. Soc. hydrotech. Fr., Fr. (1958), n° 1, p. 81-88, 13 fig. — Etude du maximum d'amplitude des surpressions et dépressions consécutives à une fermeture complète instantanée. — E. 54582.

CDU 532 : 621.646 : 699.84.

Ci GÉOPHYSIQUE

Cib m Étude des sols.

72-138. Reconnaissance des sols de fondations pour les ouvrages à la mer. Procédés de sondage, de prélèvement d'échantillons et de forage dans le roc (Marine site investigations. — Methods of boring, sampling and rock drilling). HEYNES (R. F.); Dock Harbour Author. G.-B. (sep. 1958), vol. 39, n° 455, p. 145-150, 11 fig., 3 réf. bibl. — Aperçu d'ensemble sur les méthodes applicables aussi bien aux constructions réalisées à l'intérieur des terres qu'aux ouvrages à la mer. Etude des procédés spéciaux concernant la reconnaissance des sols de fondation au-dessous du niveau de la mer. — E. 54828.

CDU 624.131.3 : 627.2.

73-138. L'emploi d'une calculatrice électronique pour l'étude de la stabilité des talus (The use of an electronic computer for slope stability analysis). LITTLE (A. L.), PRICE (V. E.); Geotechnique, G.-B. (sep. 1958), vol. 8, n° 3, p. 113-120, 5 fig., 6 réf. bibl. — Application à l'étude de la stabilité des barrages en terre soumis à la pression interstitielle par la méthode suédoise adaptée par Bishop. — Description des opérations. Avantages de l'emploi d'une calculatrice. — E. 54765.

CDU 624.131.5 : 624.134 : 518 : 621.38.

74-138. Procédé de calcul de stabilité des talus (Computation of the stability of slopes). MEYER (O. H.); Proc. A.S.C.E. (J. Soil Mechan. Found. Div.), U. S. A. (oct. 1958), Part. I, vol. 84, n° SM4, Pap. n° 1824, 12 p., 7 fig. — Présentation d'une solution nouvelle plus simple que celles adoptées jusqu'ici. Graphiques. Applications. — E. 55481.

CDU 624.131.5 : 624.134.

75-138. Sur le calcul des contraintes existant dans le sol au-dessous de points quelconques intérieurs ou extérieurs à une surface circulaire uniformément chargée (Zur Berechnung der Spannungen unter beliebigen Punkten innerhalb und ausserhalb einer gleichmässig belasteten schaffnen Kreisfläche). MEISSNER (H.); Bauingenieur, All. (sep. 1958), n° 9, p. 342-344, 5 fig., 4 réf. bibl. — Exposé d'une méthode de calcul des contraintes; représentation gra-

phique. Application au calcul du tassement des fondations. — E. 54984.

CDU 624.131.5 : 624.15.

76-138. Etude comparative des techniques expérimentales pour la détermination des réseaux des lignes de courant. I. II. (fin) (A comparative study of experimental techniques for flow net determinations). KOLBUSZEWSKI (J.), STEWART (J. C.); HU (C. Y.); *Civ. Engrg publ. Works Rev.*, G.-B. (août 1958), vol. 53, n° 536, p. 901-903, 6 fig.; (sep. 1958), n° 627, p. 1026-1029, 4 fig., 13 réf. bibl. — Méthodes de détermination de l'écoulement de l'eau dans les couches de sol de fondation des ouvrages hydrauliques. — E. 54450, 54779.

CDU 532.5 : 624.131.6 : 624.15 : 626/7.

77-138. Influence de l'anisotropie sur la distribution des contraintes dans le terrain au voisinage des galeries. I. II. (fin). (Einfluss der Anisotropie auf die Beanspruchung des Gebirges in der Umgebung von Stollen). SONNTAG (G.); *Bauingenieur*, All. (août 1958), n° 8, p. 287-294, 14 fig., 10 réf. bibl.; (sep. 1958), n° 9, p. 344-351, 11 fig., 2 réf. bibl. — Etude théorique et expérimentale pour différents cas pouvant se produire lors de la construction de galeries ou de la pose de conduites : comportement élastique du terrain dépendant seulement d'une direction, ou d'une direction et du point considéré, et, dans ce cas, possibilités de glissement de terrain. — E. 54563 54984.

CDU 624.131.5 : 624.192 : 539.2.

78-138. Phénomènes corrélatifs au tassement du sol dû au fonçage des pieux (Phenomena connected with the settlement of driven piles). BULLEN (F. R.); *Geotechnique*, G.-B. (sep. 1958), vol. 8, n° 3, p. 121-133, 16 fig., 13 réf. bibl. — Etude des valeurs de la résistance de frottement latéral et de la résistance de pointe. Relations entre la résistance statique de pointe et les caractéristiques élastiques du sol, et entre celles-ci et le tremblement du sol pendant le fonçage. — E. 54765.

CDU 624.155 : 624.131.5.

Co CONDITIONS ET ETUDES GÉNÉRALES. SITUATION GÉOGRAPHIQUE. CONGRÈS.

Cod j Règlements. Législation.

79-138. Traité pratique du droit des travaux publics. PRIEUX (H.); *Editn Monit. Trav. publ.*, Fr. (1959), 5^e éditn, 3 vol., t. I, 472 p., nombr. fig.; t. II, p. 483-946, nombr. réf. bibl.; t. III, p. 956-1351, nombr. réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2587 au chapitre II « Bibliographie ». 0.124-58, 125-58, 126-58.

CDU 351.712 (03).

Cod l Normalisation.

80-138. T. I — Le Modulor. — T. II — Le Modulor 2 : La parole est aux usagers. LE CORBUSIER; *Editn Archit. Auj.*, Fr., 2 vol., T. I (1948), 239 p., 100 fig. — T. II (1955), 344 p., 198 fig. — Voir analyse détaillée B. 2596 au chapitre II « Bibliographie ». — 0.106-58, 107-58/A.

CDU 721.013 (03).

81-138. Règlement britannique pour l'emploi du béton armé normal dans le bâtiment (C. P. 114-1957) (The British Standard code of practice for the use of normal reinforced concrete in buildings — C. P. 114-1957). COUSINS (H. G.); *Reinf. Concr. Rev.*, G.-B. (sep. 1958), vol. 4, n° 11, p. 679-703, 4 fig. — Commentaires sur les modifications apportées au règlement antérieur, présentés au cours de la réunion commune de l'Institution of Structural Engineers et de la Reinforced Concrete

Association, le 2 avril 1958. — Discussion. — E. 55213.

CDU 624.012.45 : 389.6 (410).

Cod m Cahiers des charges.
Contrats.

82-138. Cahier des prescriptions générales des travaux militaires. — *Minist. Déf. Forces Armées Secrétar. d'Etat Forces Armées Guerre, Directn centr. Génie*, Fr. (1954), 1 vol., 628 p. + xxx p. — Voir analyse détaillée B. 2597 au chapitre II « Bibliographie ». — 0.101-58/A.

CDU 69-001.3 : 624 : 69 : 725.18 (44) (03).

Cof Études générales. Congrès.

83-138. Sixième Congrès international de la Science du Sol. — *Off. internation. Libr.*, Belg. (1956), vol. A, 1 vol., 287 p. (texte en français, allemand, anglais). — Voir analyse détaillée B. 2598 au chapitre II « Bibliographie ». — 0.117-58/A.

CDU 550.3 (061.3) (100).

84-138. Comptes rendus du Quatrième Congrès international de Mécanique des Sols et des Travaux de fondation. Londres, 1957 Volume III (Proceedings of the Fourth international Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering). Edit. : *Butterworths Sci. Publ.*, G.-B. (1958), 1 vol., ix + 291 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 2603 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 53438/A.

CDU 624.131 (061.3) (100).

85-138. Troisième Congrès international de l'Asphalte. Paris, octobre 1958. — BALZANO (M.), WITTIG (S.), DIVIZIA (J. C.), DABIN (J.), HUET (J.), RIO (A.), CERRONE (M.), WILDEBOER (A. F. W.), DU BOIS (P.), JELGERHUIS SWILDENS (J. C.), VARLAN (G. E.), CLAUS (G.), GRIFFITH (J. M.), VAN DER BURCH (A. J. P.), BOUWAN (J. P.), ALLOO (R.), Edit. : *Ass. internation. Asph.*, Fr. (1958), 14 fascicules, 196 p., 44 fig., 45 fig. h.-t., 53 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2588 au chapitre II « Bibliographie ». — 0.67-58.

CDU 691.16 : 625.7 : 699.82 (061.3) (100).

86-138. Communications présentées au Colloque sur le logement et les matériaux de construction, New-Delhi, 7-9 mars 1956. Vol. I — Recherches et méthodes de calcul dans la technique de la construction. — Vol. II — Les matériaux de construction et l'industrie du bâtiment. — Vol. III — Tendances démographiques et besoins de logements. (Proceedings of the symposium and building materials. Vol. I — Building research and design practices. Vol. II. — Status of building materials and building industry. Vol. III. — Population trend and housing needs). *Nation. Build. Organisat. Ministr. of Works*, Inde (1956), 3 vol. : vol. I — x + 229 p., nombr. fig. — vol. II — vi + 185 p., nombr. fig., réf. bibl. — vol. III — viii + 207 p., fig., réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2605 au chapitre II « Bibliographie ». — 0.140-58, 0.141-58, 0.142-58.

CDU 721 : 69 : 691 (540) (061.3).

87-138. Highway Research Board. Comptes rendus de la Vingt-Septième Assemblée annuelle, tenue à Washington, du 6 au 10 janvier 1958 (Highway Research Board. Proceedings of the Thirty-Seventh annual Meeting, Washington, D. C., January 6-10, 1958). — *Nation. Acad. Sci. — Nation. Res. Counc.*, U. S. A. (1958), NAS-NRC Publ. 612, 1 vol., xxvi + 676 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2600 au chapitre II « Bibliographie ». — 0.100-58.

CDU 625.7/8 : 624.131 : 624.1/2 : 693.5 (061.3) (73).

88-138. Numéro consacré à la Quatrième Semaine internationale d'étude de la technique

de la circulation routière, Copenhague, 10-21 septembre 1958. *Rev. gén. Routes Aérodr.* Fr. (jan. 1959), n° 324, p. 37-52, 55-62, 65-71, 75-82, 85-92, 95-102, 105-112, 115-116, nombr. fig. — Thème I : Analyse de la circulation Question I : Recensements et enquêtes, méthodes et résultats. Question II : Influence de la construction des routes neuves et améliorées sur la répartition du trafic. — Thème II : Voirie ordinaire. Question III : Problèmes posés par le développement de la circulation à deux roues. Question IV : Signalisation et marquage. — Thème III : Autoroutes. Question V : Problèmes spéciaux aux autoroutes urbaine et de dégagement. Question VI : Signalisation et marquage. — Thème IV : Voirie urbaine Question VII : Capacité des voies urbaines Question VIII : Effets sur la capacité et la durée des trajets des règles de priorité et autres mesures analogues. Question IX : Circulation des piétons. Etudes et exemples de débits de circulation urbaine à Paris. — Thème V : Analyse des accidents. Question X : Distribution des accidents dans le temps. — Thème VI : Parking et stationnement. Question XI : Expérience sur l'utilisation des compteurs de stationnement et systèmes analogues. Question XII : Expérience sur l'utilisation des garages de stationnement. — Compte rendu du Congrès International de la Sécurité routière, Copenhague, 21-23 septembre 1958. — E. 56325.

CDU 656 : 624.71 : 351.81 (061.3) (100).

Cof m Annuaire. Dictionnaires.
Catalogues. Bibliographie.

89-138. Glossaire de termes de mécanique des sols, et définitions (Glossary of terms and definitions in soil mechanics). *Proc. A.S.C.E. (J. Soil Mech. Found. Div.)*, U. S. A. (oct. 1958), Part I, vol. 84, n° SM4, Pap. n° 1826-43 p., 42 réf. bibl. — E. 55481.

CDU 03 : 624.131.

90-138. Dictionnaire anglais-anglais de génie civil (A dictionary of civil engineering). SCOTT (J. S.); Edit. : *Penguin Books*, G.-B. (1958), 1 vol., iv + 415 p. — Voir analyse détaillée B. 2602 au chapitre II « Bibliographie ». — 0.131-58

CDU 01 : 69 624 (410).

91-138. Dictionnaire allemand-français des mots et expressions techniques en usage dans l'industrie du bâtiment. — BERGMAN (R. de); *Editns Tech. mod.*, Fr. (s.d.), 1 vol., 130 p., 350 fig. — Voir analyse détaillée B. 2595 au chapitre II « Bibliographie ». — 0.98-58

CDU 03 : 69 : 624 (43) (44).

Cu SCIENCES MATHÉMATIQUES,
PHYSIQUES, CHIMIQUES

Cub Mathématiques. Calcul pur.
Probabilités. Statistiques.

92-138. Les calculateurs numériques automatiques et leurs applications. (Initiation, tableau général et perspectives). — SESTIER (A.); Edit. : *Hommes et Techniques*, Fr. (1958), 1 vol., 183 p. — Voir analyse détaillée B. 2592 au chapitre II « Bibliographie ». — 0.135-58.

CDU 518 (03).

Cuf. Chimie.

93-138. Résumés de chimie (Sciences expérimentales). DENIS-PAPIN (M.); *Editns Albin Michel*, Fr. (1958), 1 vol., 224 p., 17 fig. — Voir analyse détaillée B. 2591 au chapitre II « Bibliographie ». — 0.99-58

CDU 54 (03).

94-138. Cours de chimie (pour la classe de mathématiques spéciales, la licence et l'agrégation).

ation). — Edit. : *Masson et C^{ie}*, Fr., 3 vol., t. I. — *Chimie générale et métalloïdes*, BRUNOLD (Ch.); (1952), 8^e éditn, 700 p., nombr.

fig.; T. II — *Métaux*, PARISELLE (H.); (1956), 6^e éditn, xxi + 466 p., 151 fig.; T. III — *Chimie organique générale*, PARISELLE (H.);

(1957), xxviii + 631 p., fig. — Voir analyse détaillée B. 2593 au chapitre II « Bibliographie ». — 0. 121-58, 122-58, 123-58/A. CDU 54 (03).

D. — LES ARTS DE LA CONSTRUCTION

Dab MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Dab j Matériaux métalliques.

95-138. Exposé d'essais de poutres et de poteaux en tubes de tôle d'acier soudée, et recommandations pour le calcul de ces éléments (Beam and column tests of welded steel tubing with design recommendations). WOLFORD (D. S.), REBHOLZ (M. J.); *Bull. A.S.T.M.*, U. S. A. (oct. 1958), n° 233, p. 45-51, 10 fig., 16 réf. bibl. — Description d'essais de laboratoire. Exposé des résultats obtenus. Formules proposées pour le calcul des éléments d'ouvrages. — E. 55438.

CDU 624.014.27 : 624.072.2/3 : 620.16/17.

96-138. Amélioration de la tenue en service des câbles de levage en acier. VAN de MOORTEL (D.); *Génie civ.*, Fr. (15 oct. 1958), t. 135, n° 20, p. 409-417, 44 fig. — E. 55092.

CDU 624.071.2 : 621.77 : 69.057.7.

97-138. Influence de la peinture sur la résistance à la corrosion de l'acier galvanisé à chaud. MORISSET (P.); *Zinc-Cadmium-Alliages*, Fr. (juil. août-sep. 1958), n° 15, p. 13-18, 1 fig., 3 fig. h. t. — E. 55596. —

CDU 667.61 : 621.793 : 691.75 : 620.19.

Dab le Liants. Chaux. Plâtre. Ciments.

98-138. Manuel de la tuile (Dachziegel-Fibel). — Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V. All.; Edit. : *Bauverlag G. M. B. H.*, All. (1957), 1 vol., 142 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 2609 au chapitre II « Bibliographie ». — 0. 109-58.

CDU 691.424 (43) (03).

Dab mu Bois et matériaux à base de bois.

99-138. Influence des matériaux de recouvrement des panneaux de particules de bois du commerce sur la résistance à la flexion de ces panneaux (The effect of overlay materials on the flexural properties of commercial particle board). FUJII (J. S.); *Forest Prod. J.*, U. S. A. (août 1958), vol. 8, n° 8, p. 219-224, 10 fig., 2 réf. bibl. — Compte rendu d'essais indiquant que la résistance à la flexion des panneaux de particules munis d'un revêtement est étroitement liée aux propriétés mécaniques de la couche de revêtement. — E. 54650.

CDU 539.4 : 691.115 : 69.022.324.

Dac PEINTURES. PIGMENTS. VERNIS. PRODUITS ANNEXES.

100-138. L'utilisation des silicones dans l'industrie des peintures et vernis. I. II. (fin). KRAUSS (W.); *Chim. Peint.*, Belg. (août 1958), n° 8, p. 285-291, 5 fig.; (sep. 1958), n° 9, p. 331-338, 8 fig. — E. 54697, 54896.

CDU 691.175 : 667.63.

Dad PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES MATÉRIAUX.

101-138. Les effets des radiations nucléaires sur les matériaux. Rappel des notions de base et résumé des connaissances pratiques (Nuclear radiation effects on materials. Review of basic principles and summary of current knowledge). REINSMITH (G.); *Bull. A.S.T.M.*, U. S. A. (sep. 1958), n° 232, p. 37-47, 24 fig., 43 réf. bibl. — Mécanisme de l'activité des radiations nucléaires. — Effets qu'elles produisent sur les métaux, sur les produits céramiques, sur les matières plastiques, enfin sur les systèmes électroniques. — E. 55137.

CDU 620.193 : 539.1 : 691.

Daf SÉCURITÉ DES CONSTRUCTIONS

Daf j Essais et mesures.

102-138. Le contrôle de la qualité des conglomerats bitumineux au moyen de la détermination du pourcentage de vides et de l'essai de stabilité Marshall (Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi mediante la determinazione della percentuale dei vuoti e la prova di stabilità Marshall). MORALDI (G.); *Tec. mod.*, Ital. (juil. 1958), n° 2, p. 79-89, 11 fig., 16 réf. bibl. — E. 54387.

CDU 620.16 : 625.8.06/07.

Daf l Corrosion.

103-138. Les éléments d'une décision. Etude statistique d'une corrosion. MEYER (Cl.); *Corros. Anticorros.*, Fr. (sep. 1958), vol. 6, n° 9, p. 298-317, 23 fig. — Statistique et calcul statistique. Interprétation des données expérimentales. Cas concret d'évaluation statistique : la corrosion du fond d'un réservoir à hydrocarbures. — E. 54863.

CDU 620.19 : 519.2 : 621.642 : 662.75.

Deb INFRASTRUCTURE ET MAÇONNERIE. BÉTONS.

Deb ja Consolidation du sol. Assèchement. Drainage. Travaux hydrologiques.

104-138. Le chlorure de calcium dans la stabilisation des mélanges granulaires (Il cloruro di calcio nella stabilizzazione dei misti granulari). FELICI (G.); *Tec. mod.*, Ital. (juil. 1958), n° 2, p. 91-100, 14 fig., 12 réf. bibl. — Le chlorure de calcium. Actions physico-chimiques exercées par ce corps sur les mélanges auxquels il est ajouté. — E. 54387.

CDU 624.138 : 661.

105-138. Compactage des remblais de l'aérodrome de Pförsfeld. — *Bull. P. C. M.*, Fr. (août 1958), Sér. C, n° 8, p. 2-14, 10 fig. — Étude des travaux entrepris lors de la construction de cette base aérienne en zone fran-

caise d'occupation en Allemagne. Les pistes et aires bétonnées représentent une surface de 300 000 m² Etude du sol, conditions climatiques. Description détaillée de l'organisation du chantier et de l'exécution des travaux de compactage des remblais à cadence rapide. Equipement. Contrôle. Résultats. — E. 55034.

CDU 624.138/135 : 629.139.1.

106-138. Colmatage par injection de ciment de veines profondes de dissolution du calcaire sous un barrage en terre (Grouting deep solution channels under an earth fill dam). GRANT (L. F.), SCHMIDT (L. A. jr.); *Proc. A. S. C. E. (J. Soil Mechan. Found. Div.)*, U. S. A. (oct. 1958), Part. I, vol. 84, n° SM4, Pap. n° 1813, 13 p., 5 fig. — E. 55481.

CDU 699.82 : 627.8 : 691.4 : 693.546.3.

107-138. Calcul des drains de sable à pénétration partielle (Analysis for partially penetrating sand drains). HART (E. G.), KONDER (R. L.), BOYER (W. C.); *Proc. A. S. C. E. (J. Soil Mechan. Found. Div.)*, U. S. A. (oct. 1958), Part. I, vol. 84, n° SM4, Pap. n° 1812, 15 p., 8 fig., 14 réf. bibl. — Etablissement d'une méthode numérique de calcul et application de celle-ci à un cas particulier. Méthodes simplifiées possibles. Essais de laboratoire exécutés en vue d'établir la relation entre les résultats de l'application de ces méthodes et les taux de consolidation observés. — E. 55481.

CDU 532.5 : 626.86 : 691.223.

Deb ji Fondations.

108-138. Emploi de liquides thixotropes pour la mise en place des caissons de fondation (Die Verwendung thixotroper Flüssigkeiten bei Senkkastengründungen). FEHLMANN (H. B.); *Schweiz. Bauztg.*, Suisse (4 oct. 1958), n° 40, p. 595-598, 14 fig., 2 réf. bibl. — Caractéristiques des liquides thixotropes; domaines d'emploi; description du procédé mis au point en 1951 par H. LORENZ pour la mise en place des caissons et des tubes de puits; exemples de réalisations. — E. 54983.

CDU 624.157.2 : 624.134.

109-138. Quelques aspects de l'étude des ouvrages hydrauliques et des mouvements alluvionnaires à leur voisinage (Some aspects of the design of hydraulic structures in alluvium). BUNYAN (J. E.); *Proc. Instn. civ. Engrs.*, G.-B. (juin 1958), vol. 10, p. 145-162, 15 fig., 2 fig. h.-t., 8 réf. bibl. — Rappel de la théorie du ressaut, se produisant sur fond horizontal, par frottement, ou sur fond en glaciais. Différences entre résultats d'observations et données théoriques relatives au ressaut sur glaciais. Essais sur modèles; résultats obtenus; étude des affouillements à l'aval des ouvrages hydrauliques. — E. 53422.

CDU 532.5 : 626.1 : 627.1/8.

110-138. Tassement des réservoirs de pétrole (Settlement of oil storage tanks). BRASWELL (A. M. jr.); *Proc. A. S. C. E. (J. Soil Mechan. Found. Div.)*, U. S. A. (déc. 1958), Part. I, vol. 84, n° SM5, Pap. n° 1863, 20 p., 20 fig., 1 réf. bibl. — Résultats d'observations poursuivies pendant six ans sur des réservoirs, de hauteurs et de diamètres différents, reposant sur des sols différents. Comparaison entre le tassement réel et le tassement théorique pour

un grand réservoir et différents types de sols. — E. 56249.

CDU 69.059.22 : 624.131.542 : 624.953 : 662.75.

Deb le Mortiers.

111-138. Influence des entraîneurs d'air sur les mortiers (Luftporbildande medel i bruk). HÖGBERG (E.); *Nordisk. Betong*, Suède, (1958), n° 3, p. 313-320, 9 fig. (résumé anglais). — Indications sur la teneur en air optimum (de 10 à 15 % du mortier frais). Influence favorable d'une répartition uniforme de bulles dont le diamètre moyen ne doit pas excéder 0.2 mm. — Action des entraîneurs d'air sur la plasticité du mortier, la quantité d'eau exigée, la résistance du mortier. — E. 54716.

CDU 666.971 : 666.972.16 : 666.973.6.

Deb li Bétons.

112-138. Quelques facteurs dont dépendent la qualité et la régularité d'un béton de barrage RAMBERT (O.); *Schweiz. Bauztg*, Suisse (18 oct. 1958), n° 42, p. 617-624, 26 fig., 1 réf. bibl. — Commentaires de quelques expériences et recherches faites sur le béton du barrage de Mauvoisin au laboratoire de ce barrage. Influence des divers facteurs : dosage de l'eau, morphologie des agrégats, humidité des agrégats, modifications de la granulométrie, influence de la poussière, pourcentage optimum de sable, ségrégation du béton, traitement des joints de reprise, mise en place du béton (vibration mécanisée). Résistance du béton à la compression (au cube); résistance au gel. — E. 55149.

CDU 666.972 : 627.8 : 693.5 : 620.16/17.

113-138. Travaux de bétonnage au barrage de Harike (Inde) (Concreting at Harike barrage). UPAL (H. L.), SINGH (M.); *Indian Concr. J.*, Inde (sep. 1958), vol. 32, n° 9, p. 299-303, 7 fig. — Caractéristiques des agrégats utilisés pour la construction de ce barrage sur la rivière Satluj. — Etude de la granulométrie des agrégats et du dosage du béton. — E. 55206.

CDU 693.542 : 627.8/1.

114-138. Méthodes de détermination de la forme polyédrique des agrégats (Metodi di determinazione della poliedricità degli inerti). BASCHIERI SALVADORI (C.); CASTALDO (G.); *Tec. mod.*, Ital. (juil. 1958), n° 2, p. 101-105, 8 fig., 7 réf. bibl. — Importance de la forme des différents éléments des agrégats dans la préparation des mélanges bitumineux et des bétons. Raisons qui imposent l'emploi d'éléments polyédriques. — E. 54387.

CDU 691.322 : 620.16.

115-138. Points de vue d'un maître d'œuvre sur les ciments à forte résistance initiale. LAZARD (A.); *Silicates industr.*, Belg. (sep. 1958), n° 9, p. 435-441, 7 fig. — L'auteur rappelle les inconvénients de ces ciments en ce qui concerne tant la fissuration des bétons, que les contraintes provoquées dans une construction par les différences de retrait des bétons d'âges différents, et indique les valeurs des principales caractéristiques des ciments qui lui paraissent ne pas devoir être dépassées. — E. 54955.

CDU 666.94 : 666.972.015.46 : 69.059. 116-138. Colloque organisé à la suite de l'exposé de R. L'Hermitte du 2 avril 1957 : « Que savons-nous de la déformation plastique et du fluage du béton ? » — L'HERMITE (R.), *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (févr. 1959), n° 134 (Béton, béton armé : 52), p. 219-248, 53 fig. — Le premier exposé par MAMILLAN, complète les résultats d'essais donnés par L'HERMITE dans sa conférence. En fluage par compression sur éprouvettes de béton, on observe une proportionnalité des déformations restant à accomplir et de la durée de chargement; il en est de même pour le rapport contrainte-fluage, sauf aux contraintes de chargement élevées

(l'âge du chargement n'a d'importance que si ce dernier a lieu avant 28 jours, à sec). Les variations des conditions hygrométriques agissent d'une manière importante sur l'évolution du fluage. En fluage par traction, le retrait semble prépondérant. La participation du Laboratoire public de Casablanca porte sur des observations d'un ouvrage et d'éprouvettes. — DELARUE propose une explication de la loi générale du fluage par analogie avec la théorie de la consolidation en mécanique des sols et donne quelques résultats, en particulier en fonction de chargements progressifs d'éprouvettes. — M. LAZARD insiste sur la dispersion des mesures, et désirerait que ces phénomènes soient étudiés sur plusieurs éprouvettes semblables (neuf, par exemple). Il voudrait également que l'on étudie les chargements sur des éprouvettes très jeunes à des contraintes relativement élevées, et que l'on vérifie la correspondance fluage/contrainte pour différents taux de chargement. — CARPENTIER rend compte des dernières observations sur le viaduc de Lessart : les variations des déformations relevées en un même point de l'arc apparaissent surtout influencées par le retrait, lui-même fonction étroite des conditions atmosphériques. — VALLETTE et KAHN relatent leurs observations sur des ouvrages : ponts, réfrigérants, et une discussion s'ouvre sur la possibilité de l'expérimentation du fluage sur ouvrages et sa comparaison avec les expériences de laboratoire. — La discussion générale porte surtout sur les points suivants : la dimension des éprouvettes a-t-elle une influence sur le fluage? Le fluage est-il fini ou continue-t-il à se manifester indéfiniment? Des éprouvettes chargées ne perdent pas d'eau, mais les transformations des natures d'eau à l'intérieur permettent-elles d'expliquer le fluage? — E. 56763.

CDU 666.972.015.46 : 620.1.

117-138. Nouvelles contributions à l'étude de la fissuration du béton. I. — La résistance en traction et la fissuration des pâtes pures de ciment. — ILANTZIS (A.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (nov. 1958), n° 131 (Béton, Béton armé : 50); p. 1231-1254, 45 fig. — Description de la mise au point d'un essai de traction pour les pâtes pures de ciment. — Le principe de l'essai consiste à rompre un anneau de ciment par une pression intérieure uniforme. Nombreux résultats donnés pour deux ciments et pour deux modes de conservation des éprouvettes dans l'eau et dans une atmosphère à 50 % d'hygrométrie relative. — L'analyse de ces résultats a montré que le gradient de retrait provoque des contraintes importantes. Par la suite, à l'aide des valeurs obtenues pour les résistances à la traction, l'essai de fissuration est analysé du point de vue physique; cette analyse montre la complexité du phénomène et l'impossibilité pratique de lier d'une manière fonctionnelle le temps de fissuration aux autres caractéristiques du matériau. Néanmoins, elle montre que le temps de fissuration, tout en étant une caractéristique conventionnelle, peut être utilisé pour caractériser d'une manière globale la qualité d'un ciment. — E. 55354.

CDU 666.972.015.46 : 666.94 : 620.1.

118-138. Nouvelles contributions à l'étude de la fissuration du béton. II. — Méthode d'essai de fissuration du béton. — LEFEVRE (C.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (déc. 1958), n° 132 (Béton, Béton armé : 51), p. 1267-1290, 6 fig. — La méthode d'essai décrite dans ce compte rendu permet d'obtenir la fissuration du béton, sous l'action du retrait, dans des délais qui varient de deux à trois semaines, selon sa composition et les conditions de conservation qui lui sont imposées. — Quelques essais ont été effectués en faisant varier la composition du béton (nature du ciment, dosage, granulométrie, adjonction de plastifiant) et les conditions de conservation. — Retrait et fissuration des mortiers rebattus, p. 1278-1286, 14 fig. —

Le rebattage consiste à gâcher une pâte pure ou un mortier, à le laisser reposer un certain temps, et à le regâcher avant sa mise en place. — Cette courte étude relate les résultats des mesures de retrait et des essais de fissurabilité sur pâte pure et mortiers pour deux ciments distincts, en fonction du temps de rebattage. — Le retrait et la fissuration des enduits. — LEFEVRE (C.); p. 1269-1277, 19 fig. — La méthode proposée permet d'observer le comportement d'un enduit sous l'influence des principaux paramètres susceptibles d'agir sur son retrait et sa fissurabilité. — Les mesures de retrait sont faites à partir de la fin de la mise en place de l'enduit, ainsi que la mesure des temps de fissuration. — Les résultats obtenus montrent l'importance des retraits qui peuvent se produire dans les premières heures qui suivent le gâchage. — Le compte rendu des essais donne des résultats pratiques sur le dosage en ciment, en eau, en fines, l'emploi des produits de cure, la conservation pendant les premières heures. — E. 55972.

CDU 666.972.015.46 : 666.971 : 693.624 : 620.1.

119-138. Fissures du béton frais (Presetting cracks in fluid concrete). BERESFORD (F. D.), MATTISON (E. N.); *Constr. Rev.*, Austral. (sep. 1958), vol. 31, n° 9, p. 23-26, 33-36, 12 fig., 4 réf. bibl. — Compte rendu d'une étude théorique et expérimentale effectuée en Australie, sur la nature et les causes de ce type de fissures. — E. 55367.

CDU 69.059.2 : 666.972.015.4.

120-138. Problèmes thermiques du béton. DERRON (M. H.); *Schweiz. Archiv. Suisse* (sep. 1958), n° 9, p. 273-284, 26 fig. — Exposé concernant principalement les grands barrages et passant en revue les points suivants : quantité de chaleur dégagée par la prise du ciment, et élévation de la température du béton; dissipation de la chaleur de prise; refroidissement naturel du béton; réfrigération artificielle du béton; influence des variations de la température extérieure en état de régime. — E. 55049.

CDU 666.972.015.4 : 536 : 697.97 : 627.8.

121-138. Possibilités de réalisation de couches de surface en pâte de ciment à forte compacité et de liaison de ces couches de surface à un béton pris (Möglichkeiten zur Herstellung hochverdichteter Zementleimschichten und zu ihrer Verbindung mit abgebundenem Zementstein). MAUS (C.); *Bautechnik*, All. (oct. 1958), n° 10, p. 383-390, 20 fig. — Essais de mise en place de couches minces de pâte de ciment serrées par vibrations de haute fréquence, appliquées sur des blocs de ciment ayant déjà fait prise. — Influence des caractéristiques de vibration sur la dureté de surface obtenue. Adhérence de la couche au béton sous-jacent. — E. 55216.

CDU 693.548/7 : 693.546.4 : 539.5.

122-138. Pratique du coffrage en bois et du ferrailage. T. II. — Le coffrage des parois, des murs, dalles et escaliers. — KUPFER (G.); Edit. : Eyrolles, Fr. (1958), 2^e édit., 1 vol., 127 p., 135 fig. — Voir analyse détaillée B. 2584 au chapitre II « Bibliographie ». — 0.12-59.

CDU 69.059.5 (03).

123-138. Influence du maintien en atmosphère chaude sur la résistance du béton confectionné avec du ciment alumineux (The effect of warm storage conditions on the strength of concrete made with high-alumina cement). NEVILLE (A. M.); *Proc. Instn. civ. Engrs.*, G.-B. (juin 1958), vol. 10, p. 185-192, 7 fig., 2 fig. h.-t., 10 réf. bibl. — Des spécimens de béton confectionné avec du ciment alumineux ont été entreposés dans une ambiance humide à des températures variant entre 25° et 40° C. — On a observé une diminution de la résistance, même sous l'effet de températures légèrement supérieures à la normale. Un entreposage intermittent en atmosphère chaude s'est traduit par une perte de résistance moins marquée. — E. 53422.

CDU 620.193 : 666.972 : 536.

124-138. **Emploi de béton de ciment d'aluminate de calcium pour recouvrir les revêtements (de pistes d'envol)** (Topping pavements with calcium aluminate cement concrete). HANSEN (W. C.), BRANDVOLD (W. W.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (mai 1958), vol. 29, n° 11, p. 1009-1011, 3 fig. — Procédés de mise en place du béton confectionné avec du ciment d'aluminate de calcium sur une couche de base en béton de ciment Portland. On réalise ainsi des couches de surface résistant à la chaleur dégagée par les moteurs à réaction. — E. 53462.
CDU 625.84 : 666.972.5 : 629.139.1 : 699.871.

125-138. **Béton à densité élevée employé pour les écrans dans les usines de production d'énergie atomique** (High-density concrete for shielding atomic energy plants). DAVIS (H. S.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (mai 1958), vol. 29, n° 11, p. 965-977, 12 fig., 11 réf. bibl. — Caractéristiques exigées des bétons, notamment pour l'absorption des rayons gamma et le ralentissement des neutrons. La teneur en eau du béton fini et son rôle dans le ralentissement des neutrons. — Etude des coulis et mortiers; propriétés des agrégats lourds; emploi du bore. Procédés de mise en place; problèmes de coffrages. Description d'écrans réalisés en agglomérés de béton. — E. 53462.
CDU 666.972.5 : 699.88 : 539.1.

Deb mo Enduits. Revêtements. Petits ouvrages.

126-138. **Compte rendu d'essais comparatifs d'enduits imperméables pour murs en terre** (Water-proof renderings for mud walls). *Govvern. India, Nation. Build. Organisat.*, Inde (1958), 1 vol., N. B. O. 7/1500, II + 97 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 2606 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 56292.
CDU 693.625 : 693.3 : 69.001.5.

Deb ne Béton armé.

127-138. **Sur la question de la section de béton nécessaire et du taux de sécurité des pièces en béton armé pouvant être soumises à la charge limite, compte tenu des écarts de dimensions et des tolérances** (Zur Frage des erforderlichen Betonquerschnittes und des Sicherheitsgrades bei ausgelasteten Stahlbetonteilen unter Berücksichtigung von Massabweichungen und Masstoleranzen). KRELL (K. H.); *Bautechnik*, All. (oct. 1958), n° 10, p. 406-410, 8 fig., 11 réf. bibl. — E. 55216.
CDU 624.04/46 : 624.012.45.

128-138. **Poutres et poteaux en béton avec armatures groupées en faisceau** (Concrete beams and columns with bundled reinforcement). HANSON (N. W.), REIFFENSTUHL (H.); *Proc. A. S. C. E.* (J. Struct. Div.), U. S. A. (oct. 1958), vol. 84, n° ST6, Pap. n° 1818, 23 p., 12 fig., 9 réf. bibl. — Essais de poutres à armatures longitudinales espacées classiques, ou constituées de groupes de trois ou quatre barres accolées. Les deux systèmes sont pratiquement équivalents au point de vue du comportement de l'ouvrage et de sa charge de rupture. Conditions d'emploi d'armatures groupées en faisceau pour les poteaux. — E. 55483.
CDU 693.554 : 624.072.2/3 : 620.16/17.

129-138. **L'emploi d'aciers et de bétons à haute résistance permet de réduire au minimum les dimensions des poteaux** (High strength steel and concrete result in minimum column sizes). CHAPPELL (F. W.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (mai 1958), vol. 29, n° 11, p. 929-938, 13 fig., 1 réf. bibl. — Description des procédés employés pour la construction d'un bâtiment à usage d'habitation de vingt-quatre étages, de 80 m de hauteur. Cette ossature élancée montre l'économie de matériaux que permettent des

résistances très élevées du béton et des aciers d'armature. — E. 53462.

CDU 693.95 : 539.4 : 666.972 : 693.554.

Deb ni Béton précontraint.

130-138. **Le béton précontraint en Scandinavie** (Prestressed concrete in Scandinavia). OSTENFELD (Chr.), KALHAUGE (E.); *J. Prestress. Concr. Inst.*, U. S. A. (sep. 1958), vol. 3, n° 2, p. 46-54, 17 fig. — Aperçu historique; description de réalisations : ponts, bâtiments industriels et logements, réservoirs et silos. — Tendances actuelles de la technique du béton précontraint dans les pays scandinaves. — E. 55106.
CDU 624.012.46 (48).

131-138. **L'accroissement du module d'élasticité du béton dû à la précontrainte, et son influence sur la déformation des poutres** (Increase in concrete modulus of elasticity due to prestress and its effect on beam deflection). BRETTLE (H. J.); *Constr. Rev.*, Austral. (août 1958), vol. 34, n° 8, p. 32-35, 6 fig. — Compte rendu de recherches faites au laboratoire d'Essais des Matériaux à l'Université de Technologie de la Nouvelle Galles du Sud. — E. 55050.
CDU 624.044 : 624.072.2 : 624.012.46 : 539.3.

132-138. **Avantages respectifs des aciers lisses et crénelés pour les poutres en béton précontraint soumises à des charges statiques et à des charges répétées** (The relative merits of plain and deformed wires in prestressed concrete beams under static and repeated loading). BATE (S. C. C.); *Proc. Instn. civ. Engrs.*, G.-B. (août 1958), vol. 10, p. 473-502, 19 fig., 3 fig. h.-t., 8 réf. bibl. — Description d'une série d'essais de chargement destinés à déterminer les avantages relatifs de douze types différents d'armatures. Ils ont permis de conclure que certains types d'aciers crénelés permettent un accroissement de la résistance maximum des poutres soumises à des charges statiques, mais qu'il n'en est pas ainsi pour les poutres soumises à des charges répétées. — E. 54388.
CDU 620.17 : 624.072.2 : 624.012.46 : 693.554.

Dec CHARPENTE. MENUISERIE. SERRURERIE. STRUCTURES.

Dec l Travail des métaux.

Charpente. Soudure. Menuiserie.
Construction mixte acier-béton.

133-138. **Le travail à la presse des métaux en feuilles. Découpage, cambrage, emboutissage** (Méthodes en application dans les bureaux d'études et les ateliers d'outillage). DUPAS (R.); *Librairie des Sci. Girardot et Cie*, Fr. (1958), 2^e éditn, 1 vol., 150 p., 140 fig., 1 dépliant. — Voir analyse détaillée B. 2589 au chapitre II « Bibliographie ». — O. 138-58.
CDU 621.77 (03).

134-138. **Emploi des aciers ronds dans les constructions métalliques** (Utilizarea barelor din Otel-Beton in constructii metalice). *Edit. Teh.*, Roum. (1958), 1 vol., 239 p., 38 réf. bibl., 241 fig. — Voir analyse détaillée B. 2612 au chapitre II « Bibliographie ». — O. 115-58.
CDU 624.014.2 : 621.77 (03).

135-138. **Ossature métallique du Pavillon de la France à l'Exposition internationale de Bruxelles**. — CORPELET (J.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (mars-avr. 1959), n° 135-136 (Construction métall., 30), p. 281-290, 18 fig. — L'ensemble de l'ossature représente au total 3 200 t et comprend pour un premier groupe de 1 000 t les éléments du pivot central, les deux poutres diagonales, les bipieds, la poutre centrale et le signal; dans un deuxième groupe de 1 500 t les poutres de rive, les poteaux-poutres et solives des planchers, dans

un troisième groupe de 400 t les éléments tubulaires des montants de façade, les poteaux de l'entrée principale, et l'ossature de l'auditorium, et enfin dans un quatrième groupe les éléments divers, en particulier les escaliers. La réalisation de l'ensemble a demandé une année de fabrication correspondant à 250 000 h de travail. — L'ensemble des aciers est d'usage courant, de qualité Thomas ou Martin ordinaire. La soudure a été réalisée avec deux qualités d'électrodes seulement. Les transports effectués entièrement par la route ont nécessité 230 convois. La fabrication des gros éléments et des montants de façade en tubes a nécessité l'emploi de procédés non courants dans l'usinage de la charpente métallique et la création d'outillages spéciaux. — E. 57060.
CDU 725.91 : 624.014.2.

136-138. **La Commission allemande de la Construction métallique, 1908-1958** (Deutscher Ausschuss für Stahlbau 1908-1958). — Edit. : *Stahlbau-Verlag GmbH.*, All. (1958), 1 vol., 150 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2608 au chapitre II « Bibliographie ». — 0.72-58.
CDU 624.014.2 : 624.016 (061.3) (43) (03).

137-138. **Mise en place, par refroidissement à la glace carbonique, d'une poutre de remplacement dans une charpente métallique précontrainte** (Replacing a beam in a loaded, prestressed steel frame. Dry ice prestresses new beam in existing frame). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (9 oct. 1958), vol. 161, n° 15, p. 30-32, 35, 11 fig. — Lors des travaux de fondation du bâtiment de la Chase Manhattan Bank à New-York, la chute d'une grue dans la fouille causa des dommages à la charpente métallique précontrainte servant de contreventement pour les murs de fondation exécutés à grande profondeur. Procédés utilisés pour la mise en place d'une poutre de remplacement. — E. 55130.
CDU 69.059.25 : 693.81 : 624.043 : 621.56.

Ded TRAVAUX D'ACHÈVEMENT

Ded ma Travaux de peinture.

138-138. **Influence de l'état superficiel de l'acier sur la protection exercée par les peintures à haute teneur en zinc**. BINETTI (G.), GHISOLFI (G.); *Corros. Anticorros.*, Fr. (oct. 1958), vol. 6, n° 10, p. 352-362, 19 fig. — Etude de certains inconvénients des peintures à haute teneur en zinc. Recommandations pratiques relatives à la préparation de la surface. — E. 55219.
CDU 620.197 : 691.714 : 667.63.

139-138. **Tableaux synoptiques du peintre**. I. II. III. IV. RABATE (H.), BOURLOT (L.), GENIN (G.), RABATE (J. L.); *Trav. Peint.*, Fr. (mai 1957), vol. 12, n° 5, p. 183-194, 6 fig., 44 réf. bibl.; (oct. 1957), n° 10, p. 365-378, 7 fig., 1 fig. h.-t.; (déc. 1957), n° 12, p. 449-461, 11 fig. (mai 1958), vol. 13, n° 5, p. 169-188, 14 fig., 3 réf. bibl. — Ensemble d'indications pratiques présentées sous une forme claire donnant, avec une marge de sécurité suffisante, un exposé des possibilités d'emploi des différentes méthodes de mise en état de subjectiles, et des divers types de peintures ou vernis. — Recommandations pratiques. Classification des subjectiles poreux; composés contenant de la chaux et/ou du ciment, et dont la peinture doit assurer le revêtement; classification des peintures applicables aux subjectiles poreux. — E. 48030, 50145, 51008, 53329.
CDU 667.6 : 693/4 : 539.2.

140-138. **Décapants et décapage**. I. II. (En). MARGIVAL (F.); *Peint. Pigm. Vernis.*, Fr. (sep. 1958), vol. 34, n° 9, p. 401-414, 10 fig.; (oct. 1958), vol. 34, n° 10, p. 450-459, 6 fig., 60 réf. bibl. — Etudes des différents procédés de décapage mécanique et chimique. Dégrais,

sage et décapage des surfaces métalliques. Bains décapants; appareils de dégraissage; traitements successifs, rinçages, séchage. — E. 54889, 55142. CDU 667.63 : 661.

Def PRÉFABRICATION

141-138. **Éléments préfabriqués en béton léger armés utilisés en République soviétique d'Arménie** (Stahlbetonfertigteile aus Leichtbeton in der Armenischen SSR). SIMONOW (M. S.); Bauplan.-Bautech., All. (oct. 1958), n° 10, p. 425-430, 7 fig., 3 réf. bibl. — Éléments plans et creux. Fermes. — E. 55012. CDU 624.012.3/45 : 666.972.

142-138. **Normes du Prestressed Concrete Institute, concernant les établissements de préfabrication en béton précontraint** (P. C. I. Standards for prestressed concrete plants). J. Prestress. Concr. Inst., U. S. A. (sep. 1958), vol. 3, n° 2, p. 36-45, 1 p. h.-t. — Règlementation provisoire des installations de préfabrication d'éléments précontraints pour bâtiments, ponts et ouvrages divers. — Caractéristiques exigées des matériaux. Equipement de l'installation. Personnel qualifié. Techniques de fabrication. — E. 55106. CDU 624.012.3/46 : 69.002.2 : 389.6.

Dic CLIMATISATION. PHÉNOMÈNES ET PARAMÈTRES.

143-138. **Transfert de chaleur dans les galeries souterraines à grande profondeur** (Heat transfer in deep underground tunnels). PRATT (A. W.), DAWES (L. F.); B. R. S. (Dept. Sci., Industr. Res.), G.-B. (1958), Nation. Build. Stud. Res. Pap. n° 26, iv + 37 p., 25 fig., 2 fig. h.-t. 4 réf. bibl. — Compte rendu de recherches expérimentales effectuées dans une galerie aménagée dans des falaises de craie sur la côte sud de l'Angleterre, pour l'étude du transfert des quantités de chaleur émises du fait des activités régnant dans la galerie, dans le cadre du problème du renouvellement de l'air dans les galeries souterraines. — Description de l'appareillage, organisation des essais, interprétation théorique et discussion des résultats. — E. 55410. CDU 536.2/6 : 624.193 : 697.9.

144-138. **L'influence des enduits sur la teneur en humidité des murs** (Der Einfluss des Putzes auf den Feuchtigkeitshaushalt von Bauteilen). SCHÄCKE (H.); Heraklith Rundschau, Autr. (sep. 1958), n° 45, p. 13-16, 6 fig., 4 réf. bibl. — Le comportement des principaux types d'enduits en présence d'eau liquide ou de vapeur d'eau (Das Verhalten der wichtigsten Putzarten gegenüber flüssigem und dampfförmigem Wasser). CAMMERER (J. S.); p. 17-23, 15 fig., 7 réf. bibl. — E. 55171. CDU 697.93 : 693.62.

145-138. **Les transferts de chaleur dans un local chauffé par foyer ouvert disposé sous un conduit de fumée** (Flow of heat in a room with fire and chimney). FERGUSON (T.); Engineer, G.-B. (3 oct. 1958), vol. 186, n° 4830, p. 454-456, 5 fig. — Description d'une disposition destinée à réduire les déperditions de chaleur par un réglage approprié de l'écoulement de l'air dans la cheminée. — E. 54977. CDU 697.13/14 : 697.243 : 697.81/87.

146-138. **Les effets thermiques, au cours de la mauvaise saison, de l'insolation des parties vitrées d'une construction habitée**. ESCHER-DESRIVIERES (J.); Isolation-Revêtements, Fr. (sep.-oct. 1958), n° 15, p. 35-40, 4 fig. — Les pertes de chaleur en hiver, et les apports de chaleur dépendent des données météorologiques et de l'orientation. Evaluation de ces effets thermiques. Intérêt du double vitrage. — E. 55518. CDU 697.133 : 691.615 : 551.5.

Dic 1 Chauffage.

147-138. **Système simplifié de chauffage par le plancher** (Simplified floor-warming). Electrical Times, G.-B. (8 mai 1958), vol. 133, n° 3469, p. 758, 1 fig. — Description très succincte du procédé britannique Tyrad de chauffage électrique par le plancher, dont l'élément chauffant, constitué par un câble à un toron avec conducteurs en nickel ou en cuivre-nickel isolé par du nylon, est laissé en contact avec le matériau du plancher. — E. 55298. CDU 697.71 : 69.025.22.

Dic n Ventilation. Conditionnement. Traitement de la matière.

148-138. **Le conditionnement de l'air en Grande-Bretagne et à l'étranger** (Air-conditioning at home and abroad). HARRISON (R.); J. Instn Heat. Ventil. Engrs, G.-B. (oct. 1958), vol. 26, p. 177-201, 19 fig., 4 réf. bibl. — Etude du conditionnement de l'air sous l'aspect du confort qu'il procure, notamment en été. Relation entre le conditionnement de l'air et les conditions climatiques. Renouvellement de l'air, systèmes à vitesse de circulation élevée. Discussion. — E. 55103. CDU 697.9/1 (410).

Dif PROTECTION CONTRE LES DÉSORDRES ET ACCIDENTS

Dif j Acoustique. Vibrations. Protection contre les bruits et les vibrations.

149-138. **Technique et pratique de l'isolement et de l'absorption acoustiques. I à XII**. LEHMANN (R.); Isolation Climatization, Fr. (jan.-fév. 1956), n° 1, p. 17-25, 6 fig.; (mai-juin 1956), n° 3, p. 17-25, 9 fig.; (sep.-oct. 1956), n° 5, p. 21-26, 6 fig.; (fév.-mars 1957), n° 7, p. 25-31, 13 fig.; (avr.-mai 1957), n° 8, p. 37-39, 4 fig.; (juin-juil. 1957), n° 9, p. 15-20, 12 fig.; (sep.-oct. 1957), n° 10, p. 25-27; (nov.-déc. 1957), n° 11, p. 37-38; (mars-avr. 1958), n° 13, p. 21-24, 3 fig.; (mai-juin 1958), n° 14, p. 19-24, 7 fig.; (sep.-oct. 1958), n° 15, p. 17-20, 10 fig.; (nov.-déc. 1958), n° 16, p. 14-16, 4 fig. — Notions générales d'acoustique, mesures des bruits et vibrations. — Influence des ouvertures. Calcul de l'indice d'isolement sonore d'une cloison composée de diverses parties. Données relatives aux portes et fenêtres. — Isolement contre les chocs, les vibrations et les trépidations. Etude de l'isolement des machines. — Constitution et caractéristiques des isolateurs antivibratiles en caoutchouc et en liège, amortisseurs dynamiques. — Etude de la notion de temps de réverbération d'une salle. — E. 46887, 44156, 44921, 47590, 48603, 49582, 52681, 51388, 53309, 54118, 55518, 56375. CDU 699.84.

150-138. **Isolation phonique des immeubles administratifs et commerciaux. I. II. (fin)**. CHRISSEMENT (P.); Isolation-Revêtement, Fr. (jan.-fév. 1958), n° 12, p. 25-40, 26 fig.; (mai-juin 1958), n° 14, p. 27-38, 35 fig. — E. 52682, 54118. CDU 699.844 : 725.1/2.

Dif 1 Protection contre l'incendie.

151-138. **Rapport (du laboratoire des Assureurs) sur un élément de plancher ou de couverture constitués d'une dalle à deux nervures en béton précontraint** (Report on floor or roof construction consisting of prestressed concrete double tee slabs). J. Prestress. Concr. Inst., U. S. A. (sep. 1958), vol. 3, n° 2, p. 13-33, 14 fig. — Description et résultats d'essais

effectués pour déterminer les qualités de résistance à l'incendie de dalles préfabriquées. — E. 55106. CDU 699.81 : 69.025.22 : 624.012.46.

Dif nu Radioactivité.

152-138. **Protection contre les radiations ionisantes**. — Edit.: Pergamon Press, Fr. (1958), 1 vol., xiii + 435 p., 46 fig., 21 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2590 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 108-58. CDU 539.1 : 614.8 : 699.88 (03).

Dig STOCKAGE ET CIRCULATION DES FLUIDES

Dig 1 CANALISATIONS

153-138. **Les tendances modernes dans la fabrication et l'emploi des tuyaux en béton précontraint** (Modern trends in prestressed concrete pipes). ALTERMAN (I.); Struct. Engrg, G.-B. (sep. 1958), vol. 36, n° 9, p. 296-301, 16 fig. — L'expérience acquise en Israël : calcul, fabrication, pose, essais. — Exposé condensé et abondamment illustré. — E. 54590. CDU 621.643.2 : 624.012.46 (33).

154-138. **L'emploi du tube cuivre dans les installations de chauffage central et d'eau froide sous pression**. CLIQUET (R.); Chaud-Froid, Fr. (déc. 1958), n° 144, p. 65-71, 73-75, 5 fig. — Présentation de données et d'abaques faisant le point des connaissances actuelles sur la détermination des pertes de charge dans les tubes de cuivre, et permettant de calculer les installations de chauffage et de distribution à canalisations en cuivre. — E. 56096. CDU 697.33/43 : 696.11 : 691.73.

155-138. **Expériences faites dans l'emploi de machines à calculer à analogie électrique pour les réseaux de distribution d'eau. I. II. (fin)** (Erfahrungen mit dem elektrischen Analogierechner für die Wasserrohrnetz-Berechnung). BECK (K.), FRIEDRICH (K. H.); Gas-Wasserfach (GWF), All. (17 oct. 1958), n° 42, p. 1071-1078, 15 fig.; (31 oct. 1958), n° 44, p. 1125-1131, 8 fig., 63 réf. bibl. — E. 55189, 55356. CDU 518 : 537 : 628.15.

156-138. **Calcul rapide des gaines à vitesse de circulation élevée de l'air** (Rapid design of high velocity ducts). GODES (E.); Air condition. Heat. Ventil., U. S. A. (sep. 1958), vol. 55, n° 9, p. 73-87, 11 fig., 6 réf. bibl. — Présentation d'une méthode pratique de calcul des gaines à circulation rapide utilisées dans les installations de chauffage à air chaud et de conditionnement de l'air, et dont le diamètre est plus étroit que celui des gaines ordinaires. — Exemple de calcul de l'installation pour un bâtiment à usage de bureaux à trois niveaux. — E. 54801. CDU 697.33/38/92.

157-138. **Le diamètre économique des conduites forcées** (Economical diameter for penstocks). SARKARIA (G. S.); Water Power, G.-B. (sep. 1958), vol. 10, n° 9, p. 352-356, 14 fig., 3 réf. bibl. — Exposé de deux méthodes de détermination du diamètre le plus économique; comparaison de leurs résultats dans un cas concret. — E. 54509. CDU 628.14 : 621.311 : 532 : 69.003.

158-138. **La prise d'eau de refroidissement pour la centrale thermique de Arigna (Irlande)** (Cooling water intake for Arigna power station). MCNAB (Th. L.); Bull. Instn civ. Engrs Ireland, Irl. (déc. 1958), vol. 85, n° 1, p. 13-31, 3 fig., 2 réf. bibl.; 3 fig. h.-t., 4 pl. h.-t. — L'eau de refroidissement provient d'un lac voisin. La conduite d'alimentation par gravité, avec station de pompage, est réalisée en tuyaux métalliques de 97 m de longueur et 91,4 cm de diamètre. — Différents projets étudiés, projet adopté; réalisation et pose de la conduite. — E. 55663. CDU 628.1 : 621.311.22.

159-138. Les conduites forcées. I. II. III. (Power penstocks). BIER (P. J.); *Water Power*, G.-B. (juin 1958), vol. 10, n° 6, p. 223-230, 6 fig.; (juil. 1958), n° 7, p. 265-269, 7 fig.; (août 1958), n° 8, p. 307-313, 13 fig., 5 réf. bibl. — Etude des méthodes les plus récentes utilisées pour le calcul et la construction des conduites forcées de centrales hydroélectriques. — E. 53300, 53736, 54180.

CDU 628.14 : 621.311.

160-138. Conduites sous pression en béton précontraint pour l'alimentation en eau d'Athènes (Prestressed pressure pipelines for Athens aqueduct). DOANIDES (P. J.); *Civ. Engng.*, U. S. A. (sep. 1958), vol. 28, n° 9, p. 47-51, 15 fig. — Fabrication et pose des éléments. — E. 54843.

CDU 628.14 : 624.012.46.

Dig m RÉSERVOIRS. SILOS

161-138. Réservoirs sous pression pour la distribution de l'eau. I. II. III. (Druckkesselanlagen in der Wasserversorgung). FEURICH (H.); *Sanit. Tech.*, All. (1958), n° 1, p. 18-22, 12 fig., 4 réf. bibl.; (1958), n° 2, p. 46-49, 5 fig.; (1958), n° 3, p. 91-93, 2 fig. — Méthodes de détermination des dimensions et caractéristiques de fonctionnement des réservoirs pour installations particulières à puits, et des réservoirs destinés à l'augmentation de la pression du secteur pour les distributions à grande hauteur. — E. 51362, 51820, 52258.

CDU 696.11 : 621.642 : 624.043.

162-138. Le réservoir de Murnane à Singapour (Murnane reservoir, Singapore). WHEELER (C. M.); *Engineering*, N. Zél. (15 sep. 1958), vol. 13, n° 9, p. 329-333, 6 fig. — Réservoir d'eau potable d'une contenance de 258 millions de litres, constitué de deux bassins couverts de 6 m de profondeur. Terrassements. Revêtements du fond du réservoir et des parois en gros béton et dalles de béton armé avec chape bitumineuse. Joints des revêtements. Couverture en béton armé constituée d'une série de voûtes de 12,2 m de

portée sur portiques continus. — E. 55359.

CDU 628.13 : 627.8 : 699.82 : 69.024.4 : 624.012.45.

163-138. Réservoir d'eau à Helsinki (Den nya vattenvehallaren i Helsingfors). VAHAKALLIO (P.), PUTKONEN (A. I.); *Nordisk. Betong*, Suède (1958), n° 3, p. 303-312, 4 fig. (résumé anglais). — Description d'un nouveau réservoir d'une capacité de 20 000 m³ surmontant un bâtiment. La base du réservoir est à une hauteur de 15 m au-dessus du niveau du sol et l'espace situé au-dessous doit être utilisé pour des garages, entrepôts et bureaux. Le réservoir à plan carré de 57,3 m de côté est en béton armé. Les parois sont constituées de voûtes multiples de 17 cm d'épaisseur prenant appui sur des poteaux encastrés. Le fond du réservoir est constitué d'une dalle champignon de forte épaisseur. — E. 54716.

CDU 628.13 : 624.012.45.

164-138. Construction à Cobourg d'un réservoir à eau en béton précontraint élevé sur radier (Neubau eines Spannbeton-Wasserhochbehälters in Coburg). DENGLER (Fr.); *Gas-Wasserfach* (GWF), All. (19 sep. 1958), n° 38, p. 973-975, 5 fig. — Réservoir cylindrique comprenant une chambre centrale et une chambre annulaire séparées par une cloison cylindrique et contenant chacune 1 500 m³ d'eau. Couverture en voile mince de béton armé en forme de coupole abaissée sur la partie centrale et de conoïde sur la partie annulaire. Particularités des appuis de la couverture et des parois cylindriques. — E. 54835.

CDU 628.13 : 624.012.46.

Do ENTREPRISES. ORGANISATION. INDUSTRIALISATION. ÉTUDES. DOCUMENTATION. MAIN-D'ŒUVRE.

165-138. Les artisans et les façonniers du bâtiment. Leurs droits et leurs obligations. — *Fédér. nation. Bâtim. Activités ann.*,

Fr. (1958), 1 vol., 165 p. — Voir analyse détaillée B. 2583 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 55037.

CDU 69.007.2 : 65 : 35 (44) (03).

166-138. Classification Décimale Universelle. Edition abrégée trilingue. — *Deutsch. Normenausschuss; British Stand. Instn; Assoc. belge Documentat., Union fr. Organism. Documentat.* — (1958), FID 277, 1 vol. 515 p. — Voir analyse détaillée B. 2607 au chapitre II « Bibliographie ». — O. 25-59/A.

CDU 025.45 (100).

Dod MATÉRIEL ET OUTILLAGE

167-138. Matériels de génie civil, travaux publics et bâtiment. — Album C du Répertoire général. — *Syndic. nation. Industr. Equipm. M. T. P. S.*, Fr. (1959), 1 vol., xvi + 508 p., nombr. fig., Edit. : Eyrolles, Fr. — Voir analyse détaillée B. 2586 au chapitre II « Bibliographie ». — O. 112-58.

CDU 621.8/9 : 624 (025.4) (03) (44).

168-138. Réflexions sur le matériel de terrassement. MARIE (P.); *Ann. Ponts Chauss.*, Fr. (sep.-oct. 1958), n° 5, p. 583-609, 9 fig. — Étude de l'évolution des matériels. L'évolution de perfectionnement; l'évolution de création. Classification des modèles actuels; les types moyens. Tracteurs sur chenilles, bulldozers, scrapers, pelles mécaniques. — E. 55147.

CDU 621.879 : 624.132.

169-138. Emploi des blondins dans la construction des grands barrages (Cableways for dam construction). MACKINTOSH (I. B.); *Water Power*, G.-B. (sep. 1958), vol. 10, n° 9, p. 342-349, 7 fig., 4 réf. bibl. — Description des divers types de blondins le plus généralement utilisés dans les pays du Commonwealth britannique et aux Etats-Unis. — Indications sur la durée des câbles. — E. 54509.

CDU 625.9 : 627.8 : 624.071.2.

F. — LES OUVRAGES

Fac ÉLÉMENTS PORTEURS

Fac j Ossatures. Piliers. Colonnes.

170-138. Poids minimum des pylônes en treillis travaillant à la torsion (Minimalgewicht von auf Torsion beanspruchten Gittermasten). POOCZA (A.); *Bautechnik*, All. (oct. 1958), n° 10, p. 399-400, 6 fig. — Etude du meilleur mode de constitution du pylône, d'où il résulte que la cellule constitutive la plus avantageuse est de forme extérieure cubique. — E. 55216.

CDU 624.01 : 624.97 : 624.074.5.

Fac ji Ossatures et murs porteurs.

171-138. Etude de l'ossature du bâtiment de grande hauteur E 100 de la Société BASF à Ludwigshafen (Allemagne) — (Konstruktionsgrundsätze beim Bau des Hochhauses E. 100 der BASF Ludwigshafen). BAY (H.); *Bauingenieur*, All. (déc. 1958), n° 12, p. 445-455, 19 fig., 4 réf. bibl. — Bâtiment de 100 m de hauteur à ossature en béton armé pouvant être subdivisée en : ouvrage de soubassement à trois niveaux en sous-sol de 29,3 × 52,6 m en plan; noyau central constitué par les murs des cages d'ascenseurs et d'escaliers et des gaines de services (poutres-cloisons de grandes dimensions); poteaux extérieurs en rez-de-chaussée et aux étages; planchers nervurés

de 8,6 m de portée entre poteaux extérieurs et murs longitudinaux du noyau central; couverture en béton précontraint; hall d'entrée à côté du bâtiment. — Etude des ouvrages en béton armé ou précontraint du massif de fondation, des murs longitudinaux du noyau, des poteaux; détermination du retrait et du fluage; murs et planchers; étude de la précontrainte de la couverture du hall d'entrée. — E. 56131.

CDU 721.011.27 : 693.95 : 624.012.45/6.

Fac m Toitures. Voûtes. Dômes. Coupoles. Arcs. Escaliers. Voiles.

172-138. Toiture suspendue pour la piste de hockey de Yale (U. S. A.) (Cable-suspended roof for Yale hockey rink). SEVERUD (F. N.); *Civ. Engng.*, U. S. A. (sep. 1958), vol. 28, n° 9, p. 60-63, 10 fig. — Aire couverte sans appui intermédiaire de 69 × 55 m environ comprenant les tribunes de 3 000 places. Revêtement en bois porté par un réseau de câbles tendus entre une arête centrale en arc et deux parois latérales inclinées (ouvrages en béton armé). — E. 54843.

CDU 624.91 : 624.071.2.

173-138. Voûtes céramiques. CHWETZOFF (W.); *Bâtir*, Fr. (juil. 1958), n° 78, p. 8-14, 15 fig. — E. 54162. CDU 69.024.4 : 624.012.2.

Fad ÉLÉMENTS NON PORTEURS. PANNEAUX.

Fad j Cloisons. Plafonds. Remplissages d'ossatures. Gainés. Murs-rideaux.

174-138. Murs extérieurs préfabriqués d'un immeuble-tour du Hansaviertel (Vorgefertigte Aussenwände eines Hochhauses im Hansaviertel). CZEMPIN (R.); *Bauwirtschaft*, All. (11 oct. 1958), n° 41, p. 924-927, 6 fig. — Etudes des éléments préfabriqués employés pour constituer les murs extérieurs de l'immeuble conçu par G. Hassenpflug, et comprenant 15 étages au-dessus du rez-de-chaussée : ossatures des panneaux de remplissages, constitués d'éléments préfabriqués de béton armé scellés au gros-œuvre; panneaux sandwich à laine de roche entre plaques d'éternit; trumeaux et allèges en maçonnerie et agglomérés de béton léger. — E. 55085. CDU 69.022.327 : 69.002.2.

Fad l Menuiseries.

175-138. Fenêtres en aluminium (Aluminium windows). *The Alumin. Develop. Ass.*, G.-B. (sep. 1958), 59 p., 58 fig. — Description largement illustrée de divers types de châssis de fenêtre et de garnitures en aluminium. —

Etude des alliages d'aluminium appropriés. — Montage des châssis; pose des vitres; résistance aux intempéries; entretien. — Exemples de réalisations dans divers pays. — E. 55157. CDU 69.028.2 : 691.771.

Feb HABITATIONS INDIVIDUELLES ET COLLECTIVES. AGGLOMÉRATIONS.

176-138. Premier programme de constructions expérimentales de la Communauté européenne du Charbon et de l'Acier. — *Conseil international. Bâtiment. Rec., Etude, Document.* — Communauté europ. Charbon, Acier, Haute Autor., Luxemb. (1957), 1 vol., 255 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 2599 au chapitre II « Bibliographie ». — O. 88-58. CDU 728.3 (100) : 69.003 (03).

177-138. Logements modernes. Vol. II : Réalisation de cités H. L. M. expérimentales. Résultats et conclusions pour la période actuelle et l'avenir. De P. E. C. A. à l'Interbau (Neuer Wohnbau. Band II : Durchführung von Versuchssiedlungen. Ergebnisse und Erkenntnisse für heute und morgen von ECA Interbau). WANDERSLEB (H.), GÜNTHER (G.); Edit. : Otto Maier, All. (1958), 1 vol., 272 p., 424 fig. — Voir analyse détaillée B. 2611 au chapitre II « Bibliographie ». — O. 114-58. CDU 728.2/3 : 69.00 (43) (03),

178-138. Aménagement rural. — *Tech. Archit.*, Fr. (juin 1958), n° 3, 18^e sér., 138 p. nombr. fig. — Sont abordées les questions suivantes : architecture rurale et urbanisme rural; la disposition des bâtiments et leur organisation intérieure : influence des facteurs climatiques sur la construction de logements d'animaux; exemples schématiques de bâtiments d'habitation et d'exploitation en France et à l'étranger; les différents bâtiments d'exploitation; conservation des grains à la ferme; les réglementations applicables aux constructions rurales. — E. 54182. CDU 711.3 : 631.2.

179-138. Enquête sur l'habitat en Algérie. I. — Evolution de l'habitation en Algérie. — MAYER (R.); *Supplément aux Ann. de l'I. T. B. T. P.*, Fr. (fév. 1959), n° 134 (Variétés — Actualités — Informations : 6), p. 1-16, 13 fig. — Le but de l'enquête de l'habitat en Algérie est de mettre tous ceux qui ont une responsabilité dans le domaine de l'habitat, mieux à même de remplir le rôle qui leur est ainsi dévolu. — Evolution de la construction en Algérie, perspectives d'avenir, importance de l'aide financière, incidences de l'effort sur l'économie, définition technique des besoins, confrontation des moyens avec les besoins à satisfaire, solutions constructives offertes par les architectes, entrepreneurs, fabricants de matériaux, tels sont les sujets qui seront traités par les conférenciers au cours d'un programme de huit conférences. — La première de ces conférences traite de l'évolution de l'habitat en Algérie. R. MAYER insiste sur le besoin croissant de logements nécessité par l'accroissement démographique, la migration de la population vers les villes et la vétusté des logements existants. Le nombre de logements construits doit atteindre 250 000 en cinq ans, soit 50 000 de moyenne par an et croître pour atteindre 735 000 en dix ans. D'un point de vue économique, il voit en plus dans cette construction croissante de logements une source de travail pour les travailleurs algériens. Il évoque les différentes difficultés : défaut de main-d'œuvre qualifiée, insuffisance des matériaux de construction dont la production dépend de l'initiative privée, et inadaptation des méthodes financières traditionnelles. Il conclut sur la nécessité impérieuse de réaliser néanmoins coûte que coûte ce programme. — E. 56763. CDU 728.2 : 69 : 333.32 (65).

Fec BATIMENTS CULTURELS. SPORTS.

180-138. Architecture religieuse. III. — *Archit. fr.*, Fr. (juil.-août-sep. 1958), n° 191-192, 105 p., nombr. fig. — Description de nombreuses églises, chapelles, basiliques réalisées récemment en France et dans d'autres pays. — E. 54831. CDU 726 (100).

181-138. Flèches de clocher en agglomérés creux (Kirchturmspitzen aus Hohlblocksteinen). PIEPER (K.); *Beiton-Stahlbetonbau*, All. (oct. 1958), n° 10, p. 263-265, 8 fig. — Description de la reconstruction des tours de l'église Sainte-Marie de Lübeck. — Emploi de blocs creux en béton de grand format (62,5 × 24 × 32 cm). — E. 55077. CDU 624.97 : 726.5 : 693.2.

182-138. Numéro consacré aux bâtiments scolaires (Schulbauten). *Bauen-Wohnen*, Suisse (oct. 1958), n° 10, p. 317-352, nombr. fig. (résumés français, anglais). — Jardin d'enfants à Coventry, école primaire à Wetzikon (Suisse), écoles primaires à Tapiola et à Kulosaari près d'Helsinki, école secondaire à Chassenden (Grande-Bretagne), école secondaire de filles à Sheffield, école secondaire de Burleigh County à Hatfield (Grande-Bretagne), école primaire supérieure à Morby près de Stockholm, école de commerce à Heidelberg, Orange Coast College à Costa Mesa (U. S. A.). — E. 55135. CDU 727.1/2 (100).

183-138. La construction du pavillon de la France à l'Exposition internationale de Bruxelles, 1958. *Mem. Soc. Ingrs civ. Fr.*, Fr. (juil.-août 1958), n° 4 : La conception. Les principes. LORIN (P.), p. 349-354, 12 fig.; La réalisation. VALLÉE (P.), p. 355-366, 31 fig. — Difficultés de réalisation; éléments d'ossature; couverture; poteaux de façade; façade; usinage des charpentes; travaux de génie civil; montage des charpentes; mise en place des câbles. — E. 54963. CDU 725.91 : 624.014.2 : 624.91 (493) (44).

184-138. La patinoire artificielle de plein air du stade Neukölln à Berlin (Die Freiluftkünst-eisbahn im Stadion Neukölln in Berlin). SOLTNER (M.); *Gesundheitsingenieur*, All. (10 sep. 1958), n° 9, p. 257-266, 24 fig., 2 réf. bibl. — Examen de patinoires allemandes plus anciennes. Conception, équipement et construction de la patinoire du stade Neukölln. Calcul des besoins en frigories d'une patinoire artificielle. — E. 54705. CDU 725.86 : 697.97.

185-138. Numéro consacré à la construction des théâtres (Theaterbau). *Bauen-Wohnen*, Suisse (sep. 1958), n° 9, p. 285-316, nombr. fig. (résumés français, anglais h.-t.) — Tendances architecturales nouvelles; aménagements modernes des salles; description de réalisations récentes dans divers pays. — E. 54894. CDU 725.82.

Fed TRAVAUX MILITAIRES. TRAVAUX D'UTILITÉ PUBLIQUE. ALIMENTATION EN EAU.

HYGIÈNE PUBLIQUE. GÉNIE RURAL. EAUX SOUTERRAINES.

Fed la Alimentation en eau. Réservoirs d'eau. Eaux souterraines.

186-138. Les travaux d'alimentation en eau à partir de la rivière Hull (The river Hull supply scheme). *Civ. Engng publ. Works Rev.*, G.-B. (août 1958), vol. 53, n° 626, p. 894-898, 8 fig. — Exposé des aménagements entrepris pour améliorer l'approvisionnement en eau de la ville de Hull : prises d'eau, réservoirs, canalisations en béton armé, ouvrages d'épuration. — E. 54450. CDU 628.1 : 711.4.

187-138. Détermination du ruissellement d'après les précipitations pluviales (Determining run-off from rainfall). NASH (J. E.); *Proc. Instn civ. Engrs*, G.-B. (juin 1958), vol. 10, p. 163-184, 7 fig., 31 réf. bibl. — Examen de différentes méthodes permettant de déterminer les relations existant entre ces deux phénomènes. — E. 53422. CDU 551.5 : 627.1 : 626.8.

188-138. Traitement des eaux (Water treatment). MOGELE (G. F.), WISEMAN (A.). Edit. : George Newnes Ltd., G.-B. (1958), 1 vol., 141 p., 11 fig., 12 pl. h.-t., nombr. réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2601 au chapitre II « Bibliographie ». — O. 96-58. CDU 628.16 (03).

189-138. La pollution des eaux de surface et des eaux souterraines. I. II. III. (fin). JAAG (O.); *Tech. Eau*, Belg. (15 nov. 1958), n° 143, p. 13-20, 1 fig.; (15 déc. 1958), n° 144, p. 19-28, 1 fig.; (15 jan. 1959), n° 145, p. 31-40. — (Rapport d'ensemble : « La pollution des eaux en Europe » publié par l'O. M. S. en 1956). — E. 55652, 56031, 56411. CDU 628.16.

190-138. Barrière d'eau douce s'opposant à la pénétration de l'eau de mer dans une nappe souterraine (Süßwassersperre gegen das Eindringen von Meerwasser in ein Grundwasserbecken). BAUMANN (P.); *Schweiz. Bauztg*, Suisse (13 sep. 1958), n° 37, p. 535-540, 12 fig., 1 réf. bibl. — Problèmes posés par la conservation de l'eau dans les régions semi-arides à forte densité de population, notamment dans le district de Los Angeles où des nappes phréatiques se déversent dans l'océan et se trouvent de ce fait exposées à une pollution plus ou moins forte par pénétration de l'eau de mer. Etudes entreprises par les autorités de Los Angeles; essais *in situ* sur une grande échelle. Conditions de réalisations d'une barrière qui devrait avoir une longueur de 18 km. — E. 54724. CDU 628.11/16 : 624.131.6 : 627.2.

191-138. L'installation de distribution d'eau de Téhéran : traitement de l'eau et fabrication des produits chimiques servant au traitement (Tehran water supply : water treatment and chemical manufacturing). MEYKADEH (G. A.), FITT (R. L.), BODDINGTON (Th. J.); *Proc. Instn civ. Engrs*, G.-B. (déc. 1958), vol. 11, p. 385-404, 3 fig., 10 fig. h.-t., 1 réf. bibl. — Description technique, étude du prix de revient. — E. 55884. CDU 628.1 : 69.003 (55).

Fed m Hygiène publique. Évacuation des eaux.

192-138. Emploi du béton précontraint pour la réalisation de cuves de digesteurs de boues (Prestressed concrete for sludge digestion tanks). *Civ. Engng publ. Works Rev.*, G.-B. (août 1958), vol. 53, n° 626, p. 916-917, 919, 921, 8 fig. — Etude des installations d'épuration de Birmingham comportant seize cuves de 25 m de diamètre intérieur avec parois en béton précontraint de 9,5 m de hauteur et de 22 cm d'épaisseur. — E. 54450. CDU 624.953 : 624.012.46 : 628.31.

193-138. Combien de temps cette installation primaire d'épuration des eaux usées suffira-t-elle? Quand faudra-t-il ajouter une installation de traitement plus importante? (How long will this primary plant do? How soon might treatment be added?). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (25 sep. 1958), vol. 161, n° 13, p. 34-36, 38, 4 fig. — Etude d'une installation en cours de construction sur la rivière Hudson, en amont de New-York pour l'épuration d'eaux usées provenant du comté de Westchester. En prévision de besoins futurs plus importants la place a été prévue pour l'adjonction ultérieure de bassins de sédimentation et d'installations pour le traitement des boues. — E. 55008. CDU 628.3.

Fib n Génie rural. Irrigation.

194-138. Le canal Friant-Kern (U. S. A.). Données techniques sur la conception et la construction de cet ouvrage (Friant-Kern canal. Technical record of design and construction). — U. S. Departm. Inter. — Bur. Reclamat., Friant Divis. Central Valley Project-Californ., Denver, Colorado, U. S. A. (mai 1958), *Tech. Rec. Design Construct.*, xii + 157 p., 131 fig., 1 fig. h.-t. — Description détaillée de ce canal destiné à l'irrigation de la partie méridionale de la vallée de San Joaquin, en Californie. — Construit entre 1945 et 1951, ce canal a une longueur totale de 243 km, et il est revêtu de béton sur une longueur de 206 km. Largeur au fond : 10,9 m, hauteur 4,6 m. Equipement utilisé. — E. 56455. CDU 626.1/8 : 693.5 : 621.8/9.

195-138. Modernisation des branches principales d'un réseau d'irrigation en Provence. I. II. (fin). COMBES (G.), HIRBEC (M.); *Bull. tech. Suisse romande*, Suisse (30 août 1958), n° 18, p. 293-299, 4 fig.; (13 sep. 1958), n° 19, p. 305-311, 6 fig. — Etude de la modernisation des branches d'extension du canal du Verdon dans la région d'Aix en Provence, comportant la mise en place d'un équipement de commande des débits par l'aval. Transformations nécessaires pour assurer à posteriori une telle installation. Problèmes particuliers de génie civil. — E. 54559, 54707. CDU 626.81/85.

Fib OUVRAGES INDUSTRIELS ET COMMERCIAUX, DE PRODUCTION D'ÉNERGIE ET D'UTILITÉ PUBLIQUE.

Fib je Industrie.

196-138. Une grande fabrique de cartonnages (A large paper-board mill). *Civ. Engng publ. Works Rev.*, G.-B. (août 1958), vol. 53, n° 626, p. 889-893, 11 fig. — Description d'une nouvelle usine construite à Thatcham (G.-B.) sur un emplacement de 20 357 m² de superficie, et comprenant cinq grands bâtiments. — En raison de la nature du sous-sol, on a adopté des fondations sur pieux coulés en place. Le nombre des pieux est de 2 400, représentant une longueur totale de 16 km. Les bâtiments de production sont en béton armé; le bâtiment des matières premières est une construction composite béton armé et acier; les ateliers sont de construction métallique avec murs en briques. — E. 54450. CDU 725.4 : 624.014.2 : 624.012.45 : 624.154.

Fib I Dépôts de marchandises. Marchés. Hangars. Magasins.

197-138. Silo à ciment de 60 m de hauteur en béton précontraint. I. II. (fin) (60 meter hoy cementsilo i spennbetong). GRONER (R. et T.), KALHAUGE (E.); *Tek. Ukeblad*, Norv. (4 sep. 1958), n° 32, p. 761-765, 3 fig.; (11 sep. 1958), n° 33, p. 785-789, 7 fig., 1 réf. bibl. — Caractéristiques et construction de ce silo cylindrique de 15 m de diamètre et d'une capacité de 8 000 m³, construit à Kjøpsvik (Norvège). Mise en précontrainte selon le procédé Freyssinet. — E. 54632, 54726. CDU 725.36 : 624.012.46 : 693.564.

198-138. Hangar en charpente tubulaire pour la Société De Havilland à Hatfield (G.-B.). WARD (L. E.); *Acier*, Fr. (jan. 1959), n° 1, p. 19-23, 8 fig. — Etude des particularités de construction de ce hangar d'aviation de 47,7 m de largeur, de 91,4 m de longueur et de 13,7 m de hauteur libre. La couverture repose sur des arcs paraboliques à trois rotules, en treillis tubulaires, munis de tirants. — E. 56324. CDU 725.39 : 624.014.27 : 624.072.32.

Fib m Transactions. Finances.

199-138. Immeuble pour bureaux, 37-41, rue de la Victoire à Paris. BROCARD (R.); *Tech.-Trav.*, Fr. (nov.-déc. 1958), n° 11-12, p. 322-331, 17 fig. — Une ossature d'acier soudé en partie apparente et un mur-rideau en dominos de verre. — Equipement général. — E. 56028. CDU 725.23 : 693.97 : 69.022.327.

Fib n Production d'énergie. Ouvrages hydrauliques. Barrages. Régularisation des cours d'eau. Revêtements de barrages.

200-138. Progrès réalisés dans le monde dans le domaine de la construction des grands barrages (World progress in dams). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (11 sep. 1958), vol. 161, n° 11, p. 31-34, 36, 39-40, 42, 46-50, 53-54, 58, 60-64, 66, 70-72, 75-76, 78-79, 82-84, 87-89, 92, 97, 66 fig. — Exposés détaillés de A. COYNE, C. SEMENZA, T. NILSSON, H. GICOT et C. DAVIS sur la contribution de leurs pays respectifs (France, Italie, Suède, Suisse, Etats-Unis) aux perfectionnements apportés dans le calcul et la construction des grands barrages. Description de réalisations les plus marquantes. L'étude concerne non seulement les barrages en béton, mais aussi les barrages en enrochements et les barrages en terre. — E. 54816. CDU 627.8 (100).

201-138. L'aménagement de Habbaniyah (Irak) pour la protection contre les crues et pour l'irrigation (Habbaniyah flood-relief and storage scheme). GWYHER (R. D.), HUMBLE (A. P.), LEWIS (R. K.); *Proc. Instn civ. Engrs*, G.-B. (déc. 1958), vol. 11, p. 405-434, 19 fig., 4 fig. h.-t., 1 réf. bibl. — L'aménagement consiste à dériver les eaux de crue de l'Euphrate dans le lac Habbaniyah et à utiliser la retenue pour l'irrigation. Etude des divers ouvrages, et notamment du barrage de Ramadi sur l'Euphrate. Longueur : 209 m, vingt-quatre pertuis. — E. 55884. CDU 627.8 : 627.1 : 626.8.

202-138. La transformation de la retenue d'Offenbach sur le Main. I. II. (fin) (Der Umbau der Staustufe Offenbach). RENNER (E.); *Bautechnik*, All. (juil. 1958), n° 7, p. 253-257, 7 fig.; (oct. 1958), n° 10, p. 390-395, 10 fig., 2 réf. bibl. — Historique des travaux exécutés à Offenbach pour régulariser le Main, faciliter la navigation et utiliser l'énergie hydraulique. Insuffisance des anciens ouvrages. Description des travaux entrepris depuis 1949. — E. 54061, 55216. CDU 627.8 : 627.4 : 621.311.

203-138. Les travaux de génie civil de la chute de Baix-le-Logis-Neuf sur le Rhône. PELLER (J.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (fév. 1959), n° 134 (Travaux publ. : 56), p. 199-218, 34 fig. — L'auteur, après avoir brièvement rappelé les raisons qui imposèrent le type d'aménagement dans cette partie du Rhône, décrit succinctement les ouvrages qui devront être mis en œuvre pour réaliser la Chute de Baix-le-Logis-Neuf. — L'auteur décrit ensuite les installations de chantiers qui ont été réalisées pour construire le bloc usine-déchargeur-écluse, les comparant à celles qui furent utilisées pour l'usine Henri Poincaré de l'aménagement de Montélimar dont elles dérivent en grande partie. Il expose, en particulier, les raisons impérieuses qui obligèrent l'entrepreneur à les moderniser sous le rapport de l'automatisme en vue d'obtenir une plus grande précision et un contrôle rigoureux des opérations nécessaires à la fabrication du béton. — Enfin, pour terminer, l'auteur décrit les travaux de terrassement de la fouille de l'usine, les comparant également à ceux exécutés pour l'usine Henri Poincaré, puis il décrit les différentes phases de la mise en place du

béton envisagées pour réaliser dans le délai imposé l'usine de Logis-Neuf. — E. 56763. CDU 627.8 : 627.1 : 621.311.21 : 693.5.

204-138. La réalisation du canal maritime du Saint-Laurent et son aménagement hydroélectrique (The St. Lawrence seaway and power project). *Engng J.*, Canad. (sep. 1958), vol. 41, n° 9, p. 51-101. — Les travaux de 1954 à 1958 (The construction period 1954 to 1958), p. 51-54, 2 fig. — Etude et travaux dans le secteur de Lachine (Planning and constructing the Lachine section). BURPEE (L. H.); p. 55-68, 20 fig., 3 réf. bibl. — Problèmes de mécanique des sols et de fondations (Soil and foundation problems). PECKOVER (F. L.), TUSTIN (T. G.); p. 68-76, 12 fig., 7 réf. bibl. — Réalisation d'une dérivation du Saint-Laurent au moyen d'une digue en enrochements (St. Lawrence river diversion by a rockfill cofferdam). DANY (J. V.); p. 77-84, 14 fig., 2 réf. bibl. — Caractéristiques électriques de la centrale de Robert H. Saunders-St. Laurent (Electrical features of the Robert H. Saunders-St. Lawrence generating station). FULLERTON (R. M.); p. 85-90, 7 fig. — Le poste de transformateur du Saint-Laurent (The St. Lawrence transformer station). MATHESSON (A.); p. 91-93, 2 fig. — L'étude des lignes électriques de 230 kV (Design of 230 kV. transmission lines); Mc MURRIE N. J.; p. 94-96, 2 fig. — Extension des ports des Grands Lacs (Development of Great Lakes harbours), YOUNG H. A. p. 97-101 4 fig. — E. 55107. CDU 627.4 : 626.1/5 : 627.8 : 624.21.

205-138. Aménagement hydroélectrique de l'Oued Djendjen supérieur. Cheminée d'équilibre et conduite forcée de l'usine souterraine de Mansouria. Adaptation des ouvrages à la nature des terrains rencontrés. MÉNÉROUD (E.); *Houille-Blanche*, Fr. (oct. 1958), n° 5, p. 560-570, 8 fig., 1 réf. bibl. — Projet de cheminée déversante entièrement souterraine à deux chambres, une inférieure, une supérieure, constituée par des galeries et reliées par un puits. — Etude de la cheminée d'équilibre, et de la conduite forcée (galerie souterraine inclinée, et blindage en acier doux). — E. 55800. CDU 627.84/8 : 628.1 : 621.646.

206-138. L'aménagement hydroélectrique de la Durance. — CABANUS (J.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (fév. 1959), n° 134 (Travaux publ. : 55), p. 169-198, 33 fig. — L'aménagement de la Durance et la création d'un canal de 80 km de longueur reliant la Basse Durance à l'étang de Berre permettra de réaliser un ensemble énergétique produisant environ 2 700 millions de kWh et une irrigation importante. — Le régime torrentiel de la Durance donne un débit variant de 13 m³/s à 1 800 m³/s avec une moyenne de 85 m³/s à Serre Ponçon. — Le barrage que l'on y construit est situé à 2 km à l'aval du confluent de l'Ubaye, où la vallée a un profil en V rempli par une épaisseur d'alluvions de 105 m. Il comporte un écran vertical d'étanchéité réalisé par injections dans les alluvions sur une épaisseur variant de 35 à 45 m, et une digue en recharges d'alluvions haute de 127,5 m, large de 600 m à la base et dont le noyau étanche qui a une largeur de 55,6 est en éclats de calcaire ou de marne enrobés de gangue argileuse. Enfin, le canal de la Basse Durance à Berre sera partagé en cinq biefs alimentant chacun une importante usine. — E. 56763. CDU 627.8 : 691.4 : 621.311 : 626.1.

207-138. Tignes. — GIGUET (R.); Edité par la *Houille blanche*, diffusé par Eyrolles, Fr. (1958), 1 vol., 450 p. 389 fig. — Voir analyse détaillée B. 2585 au chapitre II « Bibliographie ». — 0.127-58. CDU 627.8 (44) (03).

208-138. Conception et construction du barrage Avon (G.-B.). (The design and construction of the Avon dam). BOGLE (J. M. L.), ROSS (R. M.), McMILLAN (Th.); *Proc. Instn*

civ. Engrs., G.-B. (jan. 1959), vol. 12, p. 83-106, 12 fig., 12 fig. h.-t., 7 réf. bibl. — Barrage-poids en béton de 298,3 m de longueur et de 32,8 m de hauteur maximum, destiné à faire face à la consommation croissante d'eau de deux districts urbains. Des dispositions ont été prises pendant la construction en vue de permettre une surélévation ultérieure, du barrage. Caractéristiques du ciment utilisé; emploi du béton confectionné selon le procédé Trief. — E. 56323.

CDU 627.8 : 693.5 : 69.059.5.

209-138. Le barrage d'Aussois-Plan d'Amont (France). ORTH (J.), BELMONT (M.); *Tech. Trav.*, Fr. (nov.-déc. 1958), n° 11-12, p. 365-382, 21 fig. — Barrage à contreforts de 350 m de longueur au couronnement et de 50 m de hauteur. L'ouvrage est destiné à améliorer la régularisation de la chute d'Aussois. — Etude et calcul du barrage; drainage; joints entre plots; ouvrage de vidange, prise d'eau, déversoir de surface. Usine. Fondations: consolidation et imperméabilisation du sol. Bétonnage. Contrôle de la tenue des ouvrages. — E. 56028. CDU 627.8 : 693.5 : 624.15 : 621.311.

210-138. Tendances inspirées du style « baroque » dans l'évolution du barrage-poids. I. II. (fin) (Baroque tendencies in the evolution of the gravity dam). LELIAVSKY (S.); *Engineer*, G.-B. (19 sep. 1958), vol. 206, n° 5356, p. 452-455, 5 fig., 3 réf. bibl.; (26 sep. 1958), n° 5357, p. 490-493, 9 fig. — Analogie entre le style « baroque » et la forme du barrage « à contreforts » ou « évidé ». Arguments pour et contre ces types de barrage : avantages techniques et risques en cas de guerre. Description de l'évolution historique, avec exemples d'ouvrages réalisés ou en cours de construction. Etude des contraintes développées dans ces ouvrages. Perfectionnements les plus récents apportés à la construction de ces barrages. — E. 54788, 54880. CDU 627.8 : 624.012.4 : 624.07.

211-138. L'aménagement hydroélectrique de Sarca Molveno (Italie). I. II. (fin) (The Sarca Molveno scheme). *Water Power*, G.-B. (sep. 1958), vol. 10, n° 9, p. 326-334, 12 fig.; (oct. 1958), n° 10, p. 368-376, 11 fig. — Etude de l'aménagement de la rivière Sarca qui prévoit l'utilisation du lac Molveno comme réservoir saisonnier. — Description du barrage-voute de Ponte Pia, à double courbure, de 54 m de hauteur totale et de 58 m de longueur à la crête. — E. 54509, 54854.

CDU 627.8 : 624.072.32.

212-138. Préparation des agrégats à béton à la chute de Grandval (France). BASTIAN (F.); *Equip. mécan.*, Fr. (sep.-oct. 1958), n° 3, p. 49-56, 15 fig. — Travaux de construction de ce barrage à voutes multiples de 85 m de hauteur et de 380 m de longueur en crête. — Description de l'installation de préparation des agrégats (débit moyen 150 t/h). — E. 55095.

CDU 691.322 : 693.5 : 627.8.

213-138. Le barrage en enrochements (Die Steindamm-Talsperre). POSCH (E. von); *Wasserwirtschaft*, All. (oct. 1958), n° 13, p. 339-343, 2 fig., 21 réf. bibl. — Exposé critique sur la conception des barrages en enrochements, sur les matériaux à utiliser pour leur construction et sur leur étanchéité. Exemples de réalisations dans divers pays. — E. 55063.

CDU 627.8 : 691.2 : 699.82.

214-138. Les aménagements hydroélectriques de Garry et de Moriston (G.-B.) (The Garry and Moriston hydro-electric schemes). ROBERTS (C. M.), WILSON (E. B.), THORNTON (J. H.), HEADLAND (H.); *Proc. Instn. civ. Engrs.*, G.-B. (sep. 1958), vol. 11, p. 41-68, 21 fig., 25 fig. h.-t., 2 réf. bibl. — Description succincte des aménagements de Garry et de Moriston du North of Scotland Hydro-Electric Board. — Caractéristiques du barrage en enrochements de Quoich qui comporte un masque amont en éléments préfabriqués de béton armé.

Etude de l'emploi du béton « Trief » dans la construction des barrages-poids en béton Cluanie et Loynne. Etude de l'utilisation d'éléments préfabriqués en béton pour l'exécution des parements de barrages. — E. 54793.

CDU 627.8 : 691.4 : 693.5 : 69.025.28.

215-138. Etude et construction du barrage en enrochements d'Ambuklao (Design and construction of the Ambuklao rock fill dam). FUCIK (E. M.), EDBROOKE (R. F.); *Proc. A. S. C. E. (J. Soil Mechan. Found. Div.)*, U. S. A. (déc. 1958), Part I, vol. 84, n° SM5, Pap. n° 1864. 28 p., 19 fig. — Barrage en enrochements à noyau vertical de 130 m de haut et 450 m de long sur la rivière Agno (Ile de Luçon, Philippines). Recherches sur le terrain et études d'échantillons de sols effectuées pour préciser le choix du type de barrage. Etude des tassements et des infiltrations. — E. 56249.

CDU 627.8 : 691.4 : 624.131.4/5.

216-138. Constructions métalliques (vannes) pour barrages (Stahlwasserbau für Stauanlagen). WICKERT (G.); *V. D. I., All.* (1^{er} oct. 1958), vol. 100, n° 28, p. 1337-1347, 54 fig. — Description, réalisation et mise en place des divers types de vannes de barrages. — E. 54965.

CDU 627.84/8 : 624.014 : 621.646.2.

217-138. Déchargeur de l'usine hydroélectrique de Saint-Estève. Dispositifs de dissipation d'énergie. LAMBLÉ (M.), PEUTOT (M.); *Houille blanche*, Fr. (oct. 1958), n° 5, p. 551-559, 9 fig. — Caractéristiques de cet aménagement qui se distingue des autres aménagements de la Basse Durance, d'une part par sa hauteur de chute élevée (plus de 60 m) et d'autre part par le fait qu'il se trouve à l'origine du canal d'alimentation en eau potable de Marseille. — Etudes sur modèle réduit à l'échelle de 1/30. — Avant-projet du déchargeur principal, dispositions correctives étudiées. — E. 55800.

CDU 627.84/8 : 621.646.

Fid VOIES DE COMMUNICATION

Fid ja Routes.

218-138. Méthodes diverses de construction de fondations et assises de chaussées. Cylindrage et compactage. I. II. (fin). LAVAUX (E.); *Construction*, Fr. (août 1958), t. 13, n° 8, p. 240-244, 3 fig., 2 réf. bibl.; (sep. 1958), n° 9, p. 275-280, 13 fig. — Etude destinée à démontrer l'intérêt de construire des assises de chaussées compactées au maximum. Choix des matériaux pour les fondations et assises de chaussées. Cylindrage à jantes d'acier, épaisseur de fondation et assise de chaussée permettant la répartition des charges dans de bonnes conditions. Remarques sur la construction d'une fondation; méthode traditionnelle (hérisson). — Réalisation des assises de chaussées en gravier compacté. Compactage avec cylindres vibrants ou pneumatiques. Imprégnation avec un liant hydrocarboné approprié. — E. 54601, 55031.

CDU 625.73 : 691.224 : 624.138 : 625.75.

219-138. Spécifications relatives aux voies des quartiers résidentiels et aux autres chaussées de faible importance en béton (Specification for housing estate and other minor roads in concrete). C. A. C. A., G.-B. (1958), 2^e édit., Spec. Df1., 29 p., 4 fig. — Règles de construction des chaussées où le compactage du béton est assuré au moyen de machines à damer manœuvrées à la main, ou d'équipements pneumatiques. — E. 54067.

CDU 625.84/712 : 693.546 : 35 (410).

220-138. Construction du revêtement de l'autoroute Francfort-Nuremberg sur la section frontière-Rohrbrunn (km 33,0-67,0) (Der Fahrbanddeckenbau der Autobahn Frankfurt-Nürnberg im Abschnitt Landesgrenze-Rohrbrunn — km 33,0-67,0 —). MILZ (M.); *Strasse-Autobahn*, All. (sep. 1958), n° 9, p. 321-332,

24 fig. — Constitution et réalisation des couches de base et du revêtement bitumineux, ainsi que des bordures et bas-côtés. Organisation des chantiers, caractérisée par une mécanisation très poussée. Description de l'équipement. — E. 54811.

CDU 625.73/85 : 625.711.3 : 658.564.

221-138. Couches de fondations bitumineuses et pose de revêtements en béton sur l'aéroport Rhein-Main à Francfort (Bituminöser Unterbau bei der Verlegung von Betondecken auf dem Frankfurter Flughafen Rhein-Main). SCHAUER (P.); *Bitumen*, All. (août 1958), n° 7, p. 130-132, 7 fig. — Utilisation sur place des déblais du terrassement pour préparer des enrobés à chaud destinés à l'établissement de la couche de fondation. — Etude et exécution des travaux, contrôle de la capacité de charge obtenue. — E. 54476.

CDU 625.73 : 625.8.06/7 : 625.84 : 629.139.

Fid l Ouvrages pour la navigation.

222-138. La politique portuaire (Politica portuaria). MENDOZA FRANCO (R.); *Direct. gener. Obras maritim.*, Mex. (1957), 2^e édit., 1 vol., 257 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 2613 au chapitre II « Bibliographie ». — O. 139-58. CDU 627.2 : 629.12 (72) (03).

223-138. Travaux d'aménagement du port de Shoreham (G.-B.) (Shoreham harbour development). RIDEHALGH (H.); *Proc. Instn. civ. Engrs.*, G.-B. (nov. 1958), vol. 11, p. 285-296, 3 fig., 12 fig. h.-t. — Exposé des travaux entrepris pour faciliter l'entrée dans le port de navires charbonniers de 4 500 t. — Elargissement de l'entrée; construction de deux jetées en béton, et d'une nouvelle écluse; travaux de dragage. Difficultés rencontrées lors de l'exécution des fondations de l'écluse par suite de la pression artésienne. Solution adoptée. — E. 55439. CDU 627.3/4 : 624.157.

224-138. L'aménagement du Waterweg. FRANCK (G.); *Ann. Ponts Chauss.*, Fr. (sep.-oct. 1958), n° 5, p. 611-655, 25 fig., 2 fig. h.-t. — Etude de l'aménagement du canal à marée reliant le port de Rotterdam à la mer. Facteurs naturels : débits fluviaux, régime des marées, courants de marée, le coin salé, charriage. — Description du Waterweg actuel : ouvrages d'endiguement, embouchure. Indications sur le plan Delta. — E. 55147.

CDU 626.1/2 : 627.52 (492).

225-138. Panneaux d'asphalte pour le revêtement économique d'un réservoir (Asphalt panels for economical reservoir lining). HOVATER (L. R.); *Civ. Engng.*, U. S. A. (sep. 1958), vol. 28, n° 9, p. 38-39, 5 fig. — Réservoir d'eau en terre compactée (contenance : 45 000 m³) avec revêtement constitué de panneaux d'asphalte de 1,27 cm d'épaisseur, 1,20 m de large et 6 m de long, préfabriqués sous pression. Réalisation des joints. — E. 54843.

CDU 627.8 : 628.13 : 624.138 : 69.025.331.2.

226-138. La reconstruction des quais King George à Calcutta (The reconstruction of King George's dock at Calcutta). YAN (H. T.); *Indian Concr. J.*, Inde, (sep. 1958), vol. 32, n° 9, p. 296-298, 319, 9 fig. — Conditions de réalisation des nouveaux quais, constitués d'un tablier en éléments préfabriqués de béton armé sur pieux Franki, coulés dans des cylindres métalliques Screwcrete vissés dans le sol (Brevet Braithwaite and Co Engineers Ltd, Londres). — E. 55206.

CDU 627.33 : 624.012.3/45 : 624.154.

227-138. Bassin de radoub à South Shields (Grande-Bretagne) (Digue seco en South Shields). STOTT (P. F.), RAMAGE (L. M.); *Inform. Constr.*, (Inst. tec. Constr. Cimento) Esp. (oct. 1958), n° 104, p. 553.6/1-553.6/10, 14 fig. — Construit à l'embouchure de la Tyne, ce bassin de radoub a une longueur de 217 m

et une largeur minimum de 29 m à l'entrée. Large emploi d'éléments préfabriqués en béton armé. — E. 55399. CDU 629.128 : 624.012.3/45.

228-138. **Construction d'un grand bassin d'essais à Haslar (G.-B.)** (Construction of a large experiment tank at Haslar). HUNTER (J. W.), LITTLE (A. Ch.), HAGON (J. D.); *Proc. Instn. civ. Engrs.*, G.-B. (jan. 1959), vol. 12, p. 57-82, 17 fig., 4 fig. h.-t., 1 réf. bibl. — Etude d'un bassin (couvert) en béton de 121 × 60,9 m et de 5,4 m de profondeur construit pour l'Amirauté britannique en vue d'effectuer des essais de navires dans des conditions reproduisant celles de la réalité, par mer calme ou houleuse. Problèmes de fondation. Description de la couverture du bâtiment : charpente métallique tubulaire soudée. — E. 56323. CDU 627.3/8 : 629.128 : 693.5 : 624.91.

229-138. **Entretien du môle de Plymouth** (Maintenance of Plymouth breakwater). RILEY (T. W.); *Struct. Engr.*, G.-B. (sep. 1958), vol. 36, n° 9, p. 289-295, 11 fig. — Description des travaux d'entretien et d'aménagement exécutés au cours des années; étude des divers types de blocs allant jusqu'à 250 t, utilisés comme brise-lames. — E. 54590. CDU 627.33/34/52 : 69.059.

230-138. **Recherches sur les brise-lames flottants destinés à réfléchir la houle en eau peu profonde. I. II. (fin)**. JOHNSTON (A. K.); *Houille blanche*, Fr. (oct. 1958), n° 5, p. 540-550, 4 fig., 4 réf. bibl.; (nov. 1958), n° 6, p. 619-638 (en français et en anglais), 34 fig. — Etude théorique et expérimentale de l'emploi des brise-lames flottants comme moyen de protection contre l'érosion des plages. Compte rendu d'essais sur modèle réduit à l'échelle de 1/200. — Conclusions. — E. 55800, 56106. CDU 627.52 : 532.5.

231-138. **Les applications du bitume dans la réalisation des ouvrages hydrauliques. I à IV. (fin)**. (Applicazioni del bitume nelle opere idrauliche). VITO (L. de), RAVAGLIOLI (U.); *Acqua*, Ital. (juil.-août 1958), n° 4, p. 92-110, 20 fig., 36 réf. bibl.; (sep.-oct. 1958), n° 5, p. 113-128, 17 fig., 30 réf. bibl. (résumé anglais). — Exposé sur les caractéristiques des bitumes et mélanges bitumineux appropriés. Procédés utilisés en Allemagne, en France, aux Etats-Unis, pour le revêtement des canaux, des rives des cours d'eau, et des ouvrages maritimes. — E. 56032, 56203. CDU 691.16 : 626/7 : 69.025.28.

Fif OUVRAGES D'ART

Fif j Souterrains.

232-138. **Problèmes de construction des tunnels sous l'eau** (Unterwassertunnel als Bauaufgabe). HAMPE (B.); *V. D. I.*, All. (1^{er} oct. 1958), vol. 100, n° 28, p. 1355-1362, 28 fig. — Examen des différents procédés utilisés avec exemples de réalisations. — E. 54965. CDU 624.194.

Fif laj Ouvrages de protection en montagne.

233-138. **Rapport des recherches sur les ouvrages de protection contre les avalanches, 1956-1957**. ROCH (A.); *Schweiz. Bauztg.*, Suisse (11 oct. 1958), n° 41, p. 606-609, 9 fig., 15 réf. bibl. — Exposé des recherches effectuées en Suisse. — E. 55048. CDU 624.18 : 699.83.

Fif m Ponts.

234-138. **Quelques réalisations récentes en béton armé et en béton précontraint** (Su alcune recenti realizzazioni di strutture in calcestruzzo armato e in calcestruzzo precompresso). MORANDI (R.); *Atti Rass. tec.*, Ital. (août 1958), n° 8, p. 264-277, 42 fig. — Bref examen de nombreux ouvrages récents réalisés par R. Morandi : centrales thermiques, établissements industriels; cinéma-théâtre; réservoirs; pont de San Nicolo à Florence; viaduc à Caracas; pont de Lupara sur l'autoroute Gênes-Savone; pont sur la Storms River en Afrique du Sud; passerelle à Garfagnana; pont de San Nicola à Bénévent; pont sur le Cerami en Sicile; pont Amerigo Vespucci à Florence; pont sur le lac Maracaibo au Vénézuëla. — E. 55051. CDU 624.012.45/6 : 624.2/9.

235-138. **Le pont de Wu-Han sur le Yangtsé (Chine)** (Die Wu-Han-Brücke über den Jangtse). SÜ-TSEN WANG, KUO-HAO LIE; *Stahlbau*, All. (oct. 1958), n° 10, p. 270-274, 11 fig. — Pont à deux niveaux de 1 670 m de longueur totale, le tablier supérieur servant au trafic routier et le tablier inférieur comportant deux voies de chemin de fer. Les accès ont une longueur de 303 m sur une rive et 211 m sur l'autre. Les neuf travées en rivière d'une longueur totale de 1 155 m, sont constituées de poutres continues en treillis. Le tablier supérieur comporte une dalle en béton armé prenant appui en construction mixte sur des poutres métalliques. Fondations (non décrites ici) sur piliers tubulaires en béton armé de 1,5 m de diamètre. — E. 55217. CDU 624.28.014.2 : 624.016 : 625.1/7.

236-138. **Ouvrages en béton armé pour les voies ferrées de la banlieue de Schiedam (Pays-Bas)** (Gewapend beton bij spoorwegwerken rondom Schiedam). NOYON (S.); *Cement-Beton*, Pays-Bas (oct. 1958), n° 21-22, p. 883-889, 908, 16 fig. (résumés anglais, français, allemand). — Description de sept viaducs et tunnels, dont la surélévation d'une digue a nécessité la construction. — Ces ouvrages comportent la réalisation de tabliers en béton armé, de piles en parois articulées avec articulations en béton armé ou en acier, et de plafonds constitués de coffrages perdus en béton léger, réalisant une protection contre la condensation et la résonance. — E. 55588. CDU 624.27.012.45 : 624.166 : 624.078.6 : 69.025.4.

237-138. **Liaison des deux rives de l'Ij à Schellingwoude (Pays-Bas)**. GOEDHART (W. P.); *Construction*, Fr. (sep. 1958), t. 13, n° 9, p. 257-265, 15 fig. — Description d'un ensemble d'ouvrages comprenant sur une longueur totale de 2 600 m, quatre viaducs en béton armé et béton précontraint, deux ponts métalliques en arc, une chaussée en remblai, ainsi que les raccordements nécessaires avec les voies existantes. — Etat actuel des travaux. — Etude des types de fondations adoptés. Description du chantier de préfabrication. — E. 55031. CDU 624.27.012.45/6 : 624.6.014.2.

238-138. **Le pont Merdeka, à Singapour : Etudes préliminaires, calcul et construction** (Merdeka bridge, Singapore : Investigation, design, and construction). HOLLIS-BEE (R. J.); *Proc. Instn. civ. Engrs.*, G.-B. (oct. 1958), vol. 11, p. 135-168, 24 fig., 7 fig. h.-t., 10 réf. bibl. — Pont à poutres multiples préfabriquées en béton précontraint, de vingt cinq travées de 25 m environ, franchissant le fleuve Kallang et une vallée marécageuse. — Piles en béton armé constituées chacune d'une rangée transversale de portiques à montants inclinés, fondés sur pieux. Etude du terrain. Etude du type de pont à adopter. Bases de calcul. Construction. Essais des poutres. — E. 55115. CDU 624.27.012.46 : 624.166/154.

239-138. **Le viaduc de Baffadi franchissant le torrent de Senio sur la route provinciale Casolana Ravenna-Florence** (Viadotto Baffadi sul torrente Senio per la provinciale Casolana Ravenna-Firenze). FABRIS (M.); *G. Genio civ.*, Ital. (sep. 1958), n° 9, p. 587-592, 10 fig. — Ouvrage à poutres droites en béton armé comprenant une travée centrale de 61 m de portée, un viaduc d'accès côté Casolana de 26,5 m de longueur sur deux travées, un viaduc d'accès côté Florence de 44,5 m de longueur sur trois travées. La travée centrale a la forme d'un portique oblique; elle est constituée de montants inclinés à 50° et d'un tablier comportant quatre poutres et une dalle. — E. 55802. CDU 624.27.012.45 : 624.166 : 624.04.

240-138. **La reconstruction du pont de Lisle-sur-Tarn**. COURBON (J.); *Ann. Ponts Chauss.*, Fr. (sep.-oct. 1958), n° 5, p. 561-581, 12 fig. — Description du nouvel ouvrage en béton armé constitué par un arc à deux articulations de 94 m de portée, formé de deux caissons à parois minces. Le tablier est confondu avec l'arc sur toute la partie centrale de l'ouvrage (56,4 m). De part et d'autre de cette partie centrale, le tablier encastré sur l'arc repose sur les anciennes piles par des appuis simples, sans aucune murette de liaison entre arc et tablier. — Méthode de calcul de l'ouvrage. Exécution des travaux, dont la partie la plus délicate est la construction du cintre retourné à deux articulations constitué de dix fermes en madriers et planches cloués, fortement contreventés. — E. 55147. CDU 624.6/7.012.45 : 69.023.6.

241-138. **Un pont de grande portée en béton précontraint par post-tension d'une portée de 65,3 m** (Long post tensioned bridge spans 216 ft). *Constr. Methods*, U. S. A. (sep. 1958), vol. 40, n° 9, p. 68-70, 5 fig. — Description du pont à contrepoids en cours de construction à Little Falls (U. S. A.), dans le cadre du programme de travaux d'adduction d'eau pour la ville de Washington. Ce pont, d'une longueur totale de 85,5 m, y compris les immeubles massifs formant contrepoids aux deux extrémités, franchit le canal parallèle à la rivière Potomac et relie la station de pompage à une sous-station électrique sur l'autre rive. — E. 54845. CDU 624.27/7.012.46.

242-138. **Conception et construction de la superstructure du pont de Mackinac** (Superstructure design and construction). STEINMAN (D. B.), GRONQUIST (C. H.); *Civ. Engng.*, U. S. A. (jan. 1959), vol. 29, n° 1, p. 48-53, 8 fig. — Problèmes posés par la réalisation de cet ouvrage, d'une longueur totale de 2 625 m, avec trois travées suspendues sur 2 255 m. La travée principale a une portée de 1 158 m. Travées d'accès en treillis métallique. Organisation du chantier. — Fabrication des câbles du pont suspendu de Mackinac (Longest bridge cables ever constructed). JOYCE (W. E.); p. 54-57, 9 fig. — Les deux câbles principaux de cet ouvrage sont les plus longs qui aient jamais été confectionnés pour un pont suspendu. Leur longueur totale est de 2 646 m. — Accès, guichets de péage et installation d'éclairage électrique au pont de Mackinac (Approaches, toll plaza and electrical system). LONDON (J.); p. 58-60, 3 fig. — E. 56432. CDU 624.5 : 624.28.014.2 : 624.071.2 : 628.93.

243-138. **Pont suspendu de type moderne à auto-ancrage, à Samawa en Irak** (A modern self-anchored suspension bridge at Samawa in Iraq). *Civ. Engng. Publ. Works Rev.*, G.-B. (oct. 1958), vol. 53, n° 628, p. 1135-1140, 14 fig. — Description de l'ouvrage d'une longueur totale de 160 m et d'une largeur de 14 m sur trois travées. Travée centrale de 74,6 m d'ouverture. Les piles des portiques métalliques supportant les câbles sont fondées sur pieux. — E. 55145. CDU 624.5 : 624.97 : 624.154.

Fo INCIDENCES EXTÉRIEURES

Foc Entretien. Réparations.

Comportement des ouvrages.

Déplacement des ouvrages.

244-138. Contrôle de l'état d'un viaduc de chemin de fer à Rotterdam (Onderzoekingen aan een spoorwegviaduct te Rotterdam). VAN ZUTPHEN (J.); *Cement-Beton*, Pays-Bas (oct. 1958), n°s 21-22, p. 853-861, 14 fig. (résumés anglais, français, allemand). — Viaduc en béton armé de 2 km de longueur sur 189 travées supportant le chemin de fer de ceinture. Etude des dommages causés par l'insuffisance des joints, et par les destructions de guerre. — Pour prévenir la corrosion à l'avenir on a recouvert le viaduc d'un nouveau tablier étanche constitué par une dalle en béton pré-

contraint et son revêtement. — E. 55588. CDU 624.21.059.2 : 624.27.012.45.

245-138. Un exemple de remise en état d'une autoroute en béton endommagée (Ein Beispiel für die Instandsetzung beschädigter Betonfahrbahnen auf Autobahnen). HERMANN (J.); *Strassen-Tiefbau*, All. (sep. 1958), n° 9, p. 517-521, 16 fig. — Description des méthodes adoptées sur l'autoroute Cologne-Berlin, au voisinage de Düsseldorf. Démolition de l'ancien revêtement en béton, compactage au mouton du béton brisé et application d'un nouveau revêtement en matériaux bitumineux. — E. 54874. CDU 625.8/84 : 69.059.25 : 625.85.

246-138. La réparation des chaussées endommagées des autoroutes fédérales allemandes (Die Wiederherstellung beschädigter Fahrbahndecken bei Bundesautobahnen). HERMANN (J.); *Bitumen*, All. (août 1958), n° 7, p. 122-126, 14 fig. — Procédés employés pour la consoli-

dation du sol et la réfection des couches dédormagées des autoroutes en béton : Cologne, Francfort-s/Main et Cologne-Düsseldorf. — E. 54476. CDU 69.059.25 : 625.84/711.3

Fod Modifications. Démolitions.
Désordres. Renforcement.

247-138. Emploi de la technique de précontrainte pour la restauration de l'Hôtel de ville de Moravska Trebova (Tchécoslovaquie) (Použití předpínací techniky při rekonstrukci radnice v Moravské Třebové). ČIGANEK (M.); *Inž. Stavby*, Tchécosl. (21 oct. 1958), vol. 6, n° 10, p. 505-513, 16 fig. (résumés russe, allemand, anglais). — Description du bâtiment, désordres constatés; étude technique des travaux de reconstruction et de consolidation; remplacement des piliers endommagés. — E. 55257. CDU 69.059.25 : 725.13 : 624.043.

II. — BIBLIOGRAPHIE

Chaque analyse bibliographique donnant le nom et l'adresse de l'éditeur et le prix de vente, les adhérents de l'Institut Technique sont priés de s'adresser directement aux éditeurs ou aux libraires pour se procurer les ouvrages qu'ils désirent acquérir, toutefois pour les ouvrages édités à l'étranger, il est préférable de les commander par l'intermédiaire des librairies spécialisées dans l'importation. Tous renseignements complémentaires seront fournis sur demande par l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, 6, rue Paul-Valéry, Paris XVI^e.

B-2583. Les artisans et les façonniers du bâtiment. Leurs droits et leurs obligations. — *Fédération nationale du Bâtiment et des Activités annexes*, 33, av. Kléber, Paris, Fr. (1958), 1 vol. (21 × 27 cm), 165 p., F 800. — (En vente : Société d'Editions du Bâtiment et des Travaux publics, 8, quai de Gesvres, Paris.) — Brochure présentant sous une forme pratique l'ensemble des indications les plus indispensables aux artisans du bâtiment. — Caractères de l'état artisanal : l'artisan et le maître-artisan du point de vue professionnel; comparaison entre les conditions requises de l'artisan du point de vue professionnel et du point de vue fiscal; étude des organismes professionnels. — L'artisan fiscal. Les obligations diverses imposées aux artisans. Avantages professionnels concédés aux artisans. Les façonniers. Textes légaux. — E. 55037.

B-2584. Pratique du coffrage en bois et du ferrailage. T. II. — Le coffrage des parois, des murs, dalles et escaliers. — KUPFER (G.); Edit. : *Eyrolles*, 61, Bd. Saint-Germain, Paris, Fr. (1958), 2^e édit., 1 vol. (18,5 × 26,5 cm), 127 p., 135 fig., F 950. — Traduit de l'ouvrage allemand : « Der Betonbauer. Band II — Die Einschaltungsarbeiten », le présent ouvrage constitue un guide détaillé appelé à rendre de grands services aux techniciens des travaux de coffrage. — Ils y trouveront, avec de nombreuses photographies, croquis et schémas, une quantité d'indications, descriptions, recommandations pratiques, particulièrement précieuses dans les opérations de coffrage des volées et palées d'escalier qui constituent un problème difficile pour le compagnon-boiseur. — 0. 12-59.

B-2585. Tignes. — GIGUET (R.); Edité par la *Houille Blanche*, diffusé par : *Eyrolles*, 61, Bd. Saint-Germain, Paris, Fr. (1958), 1 vol. (23 × 30 cm), 450 p., 389 fig. F 8 400. — Le présent album, abondamment illustré, décrit en détails l'aménagement de Tignes, dans une série d'exposés dus à des spécialistes autorisés. — Description du barrage de Tignes. Conditions de sa réalisation. Conduite d'alimentation des Brévières; conduite forcée de la chute des Brévières; centrale. — Etude de l'aménagement de Malgovert; conception des prises d'eau et de la galerie d'amenée; bassin de compensation; conception de la

centrale. — Description des aménagements du Chevril et du Ponturin : conception générale, exécution, usines, conduites forcées, description des chantiers. — Problèmes de sécurité. Problèmes architecturaux. — 0127-58.

B-2586. Matériels de génie civil, travaux publics et bâtiment. — Album C du Répertoire général. — *Syndicat national Industrie Equipm. M. T. P. S.*, 10 av. Hoche, Paris, Fr. (1959), 1 vol. (22 × 27,5 cm), xvi + 508 p., nombr. fig. — Edit. : *Eyrolles*, 61, Bd. Saint-Germain, Paris, Fr. — Le présent album comporte des notions sur le Syndicat M. T. P. S. et sur les industries mécaniques françaises, une liste alphabétique des firmes, une liste des établissements par départements, une liste alphabétique des matériels et vingt-deux fascicules rédigés en français, anglais et espagnol, consacrés aux appareils de levage et de manutention, aux matériels de terrassement, de sondage, de forage, aux matériels pour la construction des routes et pistes d'aérodromes, aux matériels de bétonnage, concassage, broyage, dosage, malaxage et mélange, aux matériels employés dans l'industrie métallurgique et dans les industries de la chaux, du ciment, du plâtre, des briques, tuiles et produits céramiques, du verre, du travail de la pierre. — 0. 112-58.

B-2587. Traité pratique du droit des travaux publics. PRIEUR (H.); *Editn Moniteur des Travaux publics*, 32, rue Le Peletier, Paris, Fr. (1959), 5^e édit., 3 vol. (15,5 × 24 cm), t. I, 472 p., nombr. fig.; t. II, p. 483-946, nombr. réf. bibl.; t. III, p. 956-1351, nombr. réf. bibl., les 3 vol. : F 4950. — La 5^e édition de cet ouvrage devenu classique n'est pas une simple réimpression; l'auteur l'a refondu et considérablement augmenté et mis à jour notamment en ce qui concerne les nouveaux textes relatifs aux travaux des Ponts et Chaussées. — Le T. I traite des notions générales : notion de travail public, autorisation, projet et financement du travail public; le permis de construire. — Le T. II étudie le mode d'exécution des travaux publics : régie administrative, marché des travaux publics, concession, travaux exécutés par la S. N. C. F. et les établissements nationalisés ou pour leur compte, les incidents des travaux publics : occupation temporaire, dommages de travaux

publics, récupération des plus-values résultant des opérations de travaux publics. — Le Livre Troisième est un recueil de décrets, prescriptions spéciales et communes, arrêtés intéressant les travaux publics et le bâtiment. — 0. 124-58, 125-58, 126-58.

B-2588. Troisième Congrès international de l'Asphalte. Paris, octobre 1958. — Edit. : *Association internationale de l'Asphalte*, 9, av. Victoria, Paris, IV^e, Fr. (1958), 14 fascicules, 196 p., 44 fig., 45 fig. h.-t., 53 réf. bibl. — Texte des communications présentées à ce congrès : M. BALZANO : Revêtements en poudre d'asphalte à froid résistant à l'action dissolvante des carburants et des lubrifiants, 17 p., 3 fig., 4 fig. h.-t. — S. WITTIG : Le développement de la construction des routes en asphalte coulé en Allemagne, 17 p. — J. C. DIVIZIA : Les trottoirs de la ville de Cannes, 8 p. — J. DABIN : Contribution à l'étude physico-chimique des bitumes, 20 p., 4 fig., 4 fig. h.-t., 6 réf. bibl. — J. HUET : Vieillesse chimique et constitution des bitumes, 29 p., 10 fig., 6 fig. h.-t., 15 réf. bibl. — J. HUET : Etude de la susceptibilité thermique de la viscosité des bitumes, 54 p., 24 fig., 26 réf. bibl. — A. RIO, M. CERRONE : Sur la constitution des maltènes et des asphaltènes présents dans les asphaltés et bitumes naturels, 11 p., 5 fig. h.-t., 6 réf. bibl. — A. F. W. WILDEBOER, P. DU BOIS : Quelques résultats de recherches sur l'influence de l'addition au mastic de poudre de caoutchouc non vulcanisé, telle qu'on l'utilise dans la fabrication des mastics avec agrégat de pierre, des matériaux isolants, des complexes pour joints et d'autres produits asphaltiques, 9 p., 2 fig., 1 fig. h.-t. — J. C. JELGERHUIS SWILDENS : Réduction du ressac sur les revêtements lisses de digues au moyen de nervures ou de traverses incorporées au talus, 11 p., 4 fig., 6 fig. h.-t. — G. E. VARLAN : Isolation thermique des chaufferies, 18 p., 6 fig. h.-t. — G. CLAUS : Asphalte naturel et principaux gisements, 5 p. — J. M. GRIFFITH : Le traitement par l'asphalte du ballast des voies ferrées, 10 p. — A. J. P. Van der BURCH, J. P. BOUWAN : L'indice d'acidité des bitumes, 24 p., 13 fig. h.-t. — R. ALLOO : Communication à propos de constatations pratiques faites sur les revêtements en asphalte coulé pour toitures, 5 p. — 0. 67-58.

B-2589. **Le travail à la presse des métaux en feuilles. Découpage, cambrage, emboutissage. Méthodes en application dans les bureaux d'études et les ateliers d'outillage.** — DUPAS (R.); *Librairie des Sciences Girardot et C^{ie}*, 27, Quai des Grands-Augustins, Paris, Fr. (1958), 2^e éditn, 1 vol. (18 × 23 cm), 150 p., 140 fig., 1 dépliant, F 1 200. — Dérouillé les formules théoriques superflues, le présent ouvrage expose les principes fondamentaux du travail à la presse des métaux en feuilles et constitue un aide-mémoire utile à de nombreux techniciens. — Le chapitre premier est consacré à une description de la presse à simple effet et aux opérations qu'elle permet d'effectuer. — Le chapitre II traite du découpage et du poinçonnage, et décrit l'outillage correspondant. — Le chapitre III étudie le cambrage ou pliage (cambrage en V, cambrage en U, cambrage en oméga). — Le chapitre IV est consacré à l'emboutissage sur presse à simple effet, et le chapitre V à la presse à double effet. — Les deux derniers chapitres traitent de la sécurité et de la manutention mécanique, ainsi que de divers points de détail. — 0. 138-58.

B-2590. **Protection contre les radiations ionisantes.** — Edit.: *Pergamon Press*, 24, rue des Ecoles, Paris, Fr. (1958), 1 vol. (13 × 19 cm), XIII + 435 p., 46 fig., 21 réf. bibl., F 2 200. — L'ouvrage donne le texte intégral ou abrégé des cours sur la protection contre les radiations ionisantes professés au Centre d'Etudes nucléaires de Saclay, du 19 novembre au 14 décembre 1956, à l'occasion de la session d'études organisée par l'Ecole nationale de la Santé publique, l'Institut national des Sciences et Techniques nucléaires et l'Organisation mondiale de la Santé. — Notions fondamentales sur la matière, les molécules, les atomes, l'énergie, la lumière, les quanta. Radioactivité naturelle. Réactions nucléaires. Mesure et absorption des rayonnements. Absorption des radiations ionisantes dans les tissus. Dangers des radiations. Méthodes de protection collective et individuelle. Problèmes posés par les déchets radioactifs. Problèmes nationaux et internationaux posés par l'utilisation pacifique de l'énergie atomique. — 0. 108-58.

B-2591. **Résumés de chimie (Sciences expérimentales).** DENIS-PAPIN (M.); *Editns Albin Michel*, 22, rue Huyghens, Paris, Fr. (1958), 1 vol. (10,7 × 15,5 cm), 224 p., 17 fig., F 900. — L'ouvrage constitue un petit aide-mémoire pratique, de consultation facile, destiné aux techniciens des laboratoires, aux dessinateurs, chefs d'ateliers, aux candidats à divers examens et concours, ainsi qu'aux élèves des lycées et collèges. — Rappel des notions de chimie générale, formules, nomenclature. Définition, classification, étude des métalloïdes et des métaux. Notions de chimie organique. — 0. 99-58.

B-2592. **Les calculateurs numériques automatiques et leurs applications.** — (Initiation, tableau général et perspectives). — SESTIER (A.); Edit.: *Hommes et Techniques*, 12, rue Blaise Pascal, Neuilly/Seine, Fr. (1958), 1 vol. (16 × 24 cm), 183 p., F 3 000. — Le présent ouvrage, rédigé sous une forme claire et facilement accessible, ne nécessite aucune connaissance d'électronique. Abordant les problèmes techniques et les problèmes d'organisation, il montre que l'emploi des calculateurs convient particulièrement pour la solution de ces problèmes. Il s'adresse aux chefs d'entreprises industrielles ou commerciales ou à leurs collaborateurs, chefs d'un service technique ou administratif, aux chefs de département d'un service public, aux étudiants. — Caractères généraux et divers champs d'application des calculateurs numériques automatiques. Description des principales applications du calcul numérique automatique dans les bureaux (d'étude ou administratifs). Caractères gé-

raux des applications des calculateurs numériques automatiques aux bureaux. Machines à calculer automatiques d'hier et d'aujourd'hui. Possibilités de progrès offertes par la technologie et l'organisation. Les calculateurs de demain et leurs applications. — 0. 135-58.

B-2593. **Cours de chimie (pour la classe de mathématiques spéciales, la licence et l'agrégation).** — Edit.: *Masson et C^{ie}*, 120, Bd. Saint-Germain, Paris, Fr., 3 vol. (15,5 × 24 cm), T. I — **Chimie générale et métalloïdes**, BRUNOLD (Ch.); (1952), 8^e éditn, 700 p., nombr. fig.; T. II — **Métaux**, PARISELLE (H.); (1956), 6^e éditn, XXI + 466 p., 151 fig.; T. III — **Chimie organique générale**, PARISELLE (H.); (1957), XXVIII + 631 p., fig. — les 3 vol.: F 10 990. — Les espèces chimiques, problèmes de structure et de mécanique chimique, les métalloïdes et leurs principaux composés. Propriétés des métaux purs et des alliages métalliques, éléments d'analyse minérale. Méthodes et théories générales de la chimie organique. Les fonctions simples. Fonctions multiples et fonctions complexes. Composés aromatiques pluriannulaires et composés hétérocycliques. — 0. 121-58, 122-58, 123-58/A.

B-2594. **Travaux publics. Expropriation.** — JOSSE (P. L.); *Editn Sirey*, 22, rue Soufflot, Paris, Fr. (1958), 1 vol. (16 × 25 cm), 449 p., F 3 400. — La matière du livre est tirée d'une partie du cours professé par l'auteur à l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées. — Définition des travaux publics, statut de l'ouvrage public, conditions et formes de l'autorisation des travaux publics, organismes de direction ou de contrôle de l'exécution. — Réunion des moyens financiers. — Etude des divers procédés d'exécution des travaux publics : régie, marché ou entreprise, concession. Le bouleversement des contrats de travaux publics; étude de la théorie de l'imprévision. Travaux faits par les associations syndicales et les organismes d'équipement national ou régional. — Les atteintes au droit privé : prise de possession des propriétés privées; expropriation. — Etude de quelques procédures d'expropriation. — Les dommages des travaux publics : définition; fondement juridique de la responsabilité; conditions exigées pour que le dommage ouvre droit à réparation; dommages résultant de l'utilisation même d'un ouvrage public; personnes responsables; personnes ayant qualité pour demander réparation; étendue de la réparation. Recours contentieux. — 0. 102-58.

B-2595. **Dictionnaire allemand-français des mots et expressions techniques en usage dans l'industrie du bâtiment.** — BERGMAN (R. de); *Editns Technique moderne*, M. Pierson, Sarreguemines, Moselle, Fr. (s. d.), 1 vol. (14 × 18,5 cm), 350 fig., F 420. — Ce dictionnaire est destiné aux techniciens du bâtiment ainsi qu'aux traducteurs. Il est complété par trois cent cinquante illustrations d'éléments et types de construction. — Notions de mécanique; caractéristiques des matériaux de construction. Construction en pierre, en bois, en fer. Procédés de construction des divers types de ponts. Constructions particulières. — 0. 98-58.

B-2596. **T. I — Le Modulor. — T. II — Le Modulor 2 : La parole est aux usagers.** — LE CORBUSIER; *Editn Architecture d'Aujourd'hui*, 5, rue Bartholdi, Boulogne/Seine, Fr., 2 vol. (15 × 14 cm), T. I (1948), 239 p., 100 fig., F 800. — T. II (1955), 344 p., 198 fig., F 800. — T. I — Essai sur une mesure harmonique à l'échelle humaine, applicable universellement à l'architecture et à la mécanique. — T. II — Historique du Modulor. Réalités pratiques. Exemples d'application. Réactions des usagers. Le Modulor utilisé comme « outil » de travail. — 0. 106-58, 107-58/A.

B-2597. **Cahier des prescriptions générales des travaux militaires.** — *Minist. Déf. nation.*

Forces armées. Secrétar. d'Etat Forces Armées Guerre, Direct. centr. Génie, Fr. (1954), 1 vol. (13,5 × 20 cm), 628 p. + xxx p. — Prescriptions communes. Terrassements, transports, batailles. Routes empierrées et pavées, voies ferrées. Maçonnerie. Plâtrerie. Carrelages. Couvertures. Produits hydrocarbonés, étanchéité. Charpente en bois. Menuiserie. Ferronnerie et quincaillerie. Métaux et alliages non ferreux. Plomberie. Chauffage central. Fumisterie. Peinture. Installations électriques. — 0. 101-58/A.

B-2598. **Sixième Congrès international de la Science du Sol. — Office international de Librairie**, 30, av. Marnix, Bruxelles, Belg. (1956), vol. A, 1 vol. (15,5 × 24 cm), 287 p. (texte en français, allemand, anglais). — Texte des communications présentées au cours des séances tenues à la Maison de la Chimie à Paris en août 1956. — Physique et chimie du sol, biologie, fertilité du sol. Genèse du sol, classification et cartographie. Technologie. — 0. 117-58/A.

B-2599. **Premier programme de constructions expérimentales de la Communauté européenne du Charbon et de l'Acier. — Conseil international du Bâtiment pour la Recherche, l'Etude et la Documentation. — Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier, Haute Autorité (Division des Problèmes du Travail)** Luxembourg (1957), 1 vol. (20,5 × 29,5 cm), 255 p., nombr. fig. — Analyse comparative des coûts de construction de maisons unifamiliales individuelles, jumelées ou en bandes, construites dans tous les pays de la Communauté. — Définition de l'expérience et déroulement des études; exposé des principaux résultats des études particulières. — 0. 88-58.

B-2600. **Highway Research Board. Comptes rendus de la Vingt-Septième Assemblée annuelle, tenue à Washington, du 6 au 10 janvier 1958** (Highway Research Board. Proceedings of the Thirty-Seventh annual Meeting, Washington, D. C., January 6-10, 1958). — *National Academy Sciences — National Research Council* (Division Engng Industrial Research), Washington, D. C., U. S. A. (1958), NAS-NRC Publ. 612, 1 vol. (17 × 25 cm), xxvi + 676 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl. — A côté de communications relatives aux questions économiques, administratives ou relatives à la circulation, il convient de citer : Principes fondamentaux de la corrosion et propriétés des matériaux. — Etudes de la déformation dans le temps de deux bétons de schiste expansé. — La résistance au cisaillement des poutres de pont en béton précontraint à section en I. — Charges d'essai de pieux, comparées à la capacité de charges calculée. — Projet de route expérimentale en béton précontraint à Pittsburgh. — Recherches effectuées pour l'étude de la route à péage de Floride. — Essais triaxiaux de mélanges bitumineux sous forte étreinte latérale. — Influence des agrégats fins sur les caractéristiques des mélanges pour revêtements en béton asphaltique. — Etude des ions non mobiles produits par les ciments Portland et les ciments aluminés pendant l'hydratation. — Une application pratique de la méthode de construction dite de « la tranchée imparfaite ». — Prétraitement du béton pour l'application des bandes de peinture de signalisation. — Inspection radiographique de ponts-routes soudés. — Béton maigre cylindré pour dalles de revêtement. — Les pressions interstitielles dans les couches de fondation. — Nature et grandeur de la pression de gonflement. — Consolidation d'une couche profonde de limon au moyen d'un remblai de surcharge aux abords du tunnel de Patapsco. — Effet des sollicitations antérieures et de la fréquence des applications de contraintes sur la déformation des sols de fondations argileux sous des charges répétées.

— Consolidation du sol sous une charge variant dans le temps, avec variation de la perméabilité. — Etude de la propagation d'une onde dans le sol. — O. 100-58.

B-2601. **Traitement des eaux** (Water treatment). MOGELE (G. F.), WISEMAN (A.); Edit. : *George Newnes Ltd*, Tower House, Southampton Street, Strand, Londres, W. C. 2, G.-B. (1958), 1 vol. (14 × 22 cm), 141 p., 11 fig., 12 pl. h.-t., nombr. réf. bibl., s. 21/. — *British Council*, 65 Davies Street, Londres, W. 1, G.-B. — L'ouvrage constitue un guide pratique exposant de façon concise les méthodes d'épuration et de traitement des eaux de consommation, et indiquant avec précisions les avantages et les inconvénients des différentes techniques. — Il s'adresse plus spécialement aux ingénieurs et aux chimistes utilisant l'eau pour les besoins industriels. Historique sur la pollution des rivières et sur les mesures prises pour y remédier. Captage et stockage de l'eau de consommation. Filtration, floculation et coagulation. Traitements chimiques, autres procédés. Problème de l'épuration de l'eau des piscines. Les détergents synthétiques. Analyses. — O. 96-58.

B-2602. **Dictionnaire (anglais-anglais) de génie civil** (A dictionary of civil engineering). SCOTT (J. S.); Edit. : *Penguin Books*, Harmondsworth, Middlesex, G.-B. (1958), 1 vol. (11 × 18 cm), iv + 415 p., sh.5/. — Le présent ouvrage donne la définition, sous une forme claire et détaillée, d'un très grand nombre de termes anglais ayant trait aux techniques de la construction (bâtiments, travaux publics). — O. 131-58.

B-2603. **Comptes rendus du Quatrième Congrès international de Mécanique des Sols et des Travaux de fondation**. Londres, 1957. Volume III (Proceedings of the Fourth international Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering). Edit. : *Butterworths Scientific Publications*, The Scientific Review Department, 4, 5, Bell Yard, Londres W. C. 2, G.-B. (1958), 1 vol. (22 × 29 cm), ix + 291 p., nombr. fig., 26.5s.0d. — Liste des congressistes, informations et discours prononcés; comptes rendus des séances du Comité exécutif; discussion des sujets traités : méthodes utilisées pour les mesures sur place et les prélèvements d'échantillons; fondations des constructions; routes, pistes d'envol et voies ferrées; poussée des terres sur les ouvrages et tunnels; barrages en terre; talus et tranchées ouvertes. — E. 53438A.

B-2604. **La sous-pression dans les barrages-poids** (Méthodes de calcul, recherches expérimentales et théories) — (Uplift in gravity dams. — Calculation methods, experiments and design theories —). LELIAVSKY (S.); Edit. : *Constable and Co Ltd*, 10, 12 Orange Street, Londres, W. C. 2 (1958), 1 vol. (15 × 24 cm), viii + 267 p., 151 p., réf. bibl., F 3 745. — Aperçu historique sur les premières théories; étude critique de la théorie de Lieckfeldt et de la théorie de Link. Le coefficient « n » caractéristique des premières théories. — Principe général des théories récentes. L'essai de perméabilité; la conception élémentaire de la sous-pression. Considérations générales sur la méthode du professeur Fillunger. Les premières théories françaises. Analogie entre les pressions hydrauliques régnant dans les barrages et dans les fondations granuleuses. — Sous-pressions verticales et horizontales. Pression de l'eau interstitielle; relations entre les contraintes dans les barrages et la sous-pression horizontale. — Les lois énoncées par Fillunger. — La solution de Terzaghi. La porosité volumétrique et son influence sur la sous-pression. — Recherches expérimentales. Compte rendu des travaux de Föpl, Rudeloff, Pauzerbieter, Terzaghi, Kelen, Douglas McHenry. Déformation élastique du béton sous l'influence de

la pression de l'eau interstitielle. — Procédés constructifs permettant de réduire la sous-pression et les pertes par infiltration dans les barrages. Conception générale d'un « écran ». Mise en place du béton; parements en pierre et autres types de parements; drainage. — O. 134-58.

B-2605. **Communications présentées au Colloque sur le logement et les matériaux de construction**, New Delhi, 7-9 mars 1956. Vol. I — Recherches et méthodes de calcul dans la technique de la construction. — Vol. II — Les matériaux de construction et l'industrie du bâtiment. — Vol. III — Tendances démographiques et besoins de logements. — (Proceedings of the symposium on housing and building materials. Vol. I — Building research and design practices. Vol. II — Status of Building Materials and building industry. — Vol. III — Population trend and housing needs). *Government of India, National Buildings Organisation, Ministry of Works* (Housing and Supply), 11-A, Jan Path, New Delhi, Inde (1956), 3 vol. : (22 × 27,5 cm), Vol. I, x + 229 p., nombr. fig. — Vol. II, vi + 185 p., nombr. fig., réf. bibl. — Vol. III, viii + 207 p., fig., réf. bibl. — Etude critique des Codes et prescriptions réglementaires; améliorations proposées. — Coefficients de sécurité; principes de calcul; emploi de boue séchée comme matériaux de construction. — L'industrie des matériaux de construction et du bâtiment en Inde. Problèmes de main-d'œuvre. Emploi d'agréats légers dans le bâtiment. Essais et production des nouveaux matériaux de construction. Travaux de peinture. Emploi des équipements de chantier modernes. Evaluation des besoins des logements en Inde; problème des loyers. Élimination des taudis. Aménagement du territoire. — O. 140-58, O. 141-58, O. 142-58.

B-2606. **Compte rendu d'essais comparatifs d'enduits imperméables pour murs en terre** (Water-proof renderings for mud walls). *Government of India, National Buildings Organisation, Ministry of Works* (Housing and Supply), 11-A, Jan Path, New Delhi, Inde (1958), 1 vol. (15,5 × 24 cm), N. B. O. 7/1500, II + 97 p., nombr. fig., Rs. 1.78 nP. ou 2 sh. 6d. — Exposé des recherches faites en Inde sous les auspices de la National Buildings Organisation, en vue de la mise au point d'enduits étanches à l'eau pour la protection des maisons avec murs en terre dans les régions rurales. — E. 56292.

B-2607. **Classification Décimale Universelle. Edition abrégée trilingue** (DK. Dreisprachige Kurzausgabe. UDC. — Trilingual abridged edition). *Deutscher Normenausschuss*, Uhlandstrasse 175, Berlin W. 15, All. — *British Standards Institution*, British Standards House, 2 Park Street, Londres W. 1, G.-B. — (*Association belge de Documentation* — *Union française des Organismes de Documentation*). — (1958), FID 277, 1 vol. (21 × 29,5 cm), 515 p. — Classification en trois langues : anglais, allemand, français, donnant une perspective générale des domaines couverts par la CDU. — O. 25-59 A.

B-2608. **La Commission allemande de la Construction métallique, 1908-1958** (Deutscher Ausschuss für Stahlbau 1908-1958). — Edit. : *Stahlbau-Verlags-GmbH.*, Ebertplatz 1, Köln, All. (1958), 1 vol. (19 × 27,5 cm), 150 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl., DM. 15. — Ouvrage édité spécialement à l'occasion du Cinquantenaire de la Commission allemande de la Construction métallique. — Outre une longue étude sur cet organisme, son histoire et ses travaux, l'ouvrage contient les communications suivantes : Problèmes de matériaux en construction métallique; construction métallique et problèmes de rupture fragile; contribution à l'étude du voilement des coques par

la méthode énergétique; règlements et normes de la construction métallique; charges et service et résistance pratique des ponts-rail métalliques; collaboration entre la Commission allemande de la Construction métallique et les Chemins de Fer fédéraux allemands dans le domaine des mesures de contrôle des ponts; construction mixte acier-béton; considérations sur la détermination de la limite élastique pour les constructions mixtes acier-béton; tabliers de ponts légers; assemblages boulonnés à haute résistance au glissement dans la construction métallique; technique des assemblages et conception des constructions métalliques. — O. 72-58.

B-2609. **Manuel de la tuile** (Dachziegel-Fibel). — Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V., Schaumburg-Lippe-Strasse 4, Bonn, All.; Edit. : *Bauverlag G. M. B. H.*, Kleine Wilhelmstrasse 7, Wiesbaden, All. (1957), 1 vol. (24 × 31 cm), 142 p., nombr. fig., DM. 14. — Le présent ouvrage est l'œuvre collective de techniciens de l'industrie allemande des Produits de Terre cuite. — Chaque type de tuile : tuile à emboîtement, tuile flamande, tuile pour couverture à faible pente, panne, tuile plate, tuile faîtière, tuile canal, est étudié en détail, avec photographie, dessins et caractéristiques : dimensions, poids, quantité de tuiles par m² de toiture. — Une place importante est faite aux méthodes de pose, et des photographies en couleur représentant des bâtiments terminés montrent aux architectes les possibilités esthétiques offertes par la couverture en tuiles. — Une autre partie de l'ouvrage traite de la conception et de la réalisation de la toiture : pente, hauteur de toiture, ventilation des combles, fermes, espacement des chevrons. Elle est suivie d'un relevé des normes et règles allemandes. — La dernière partie décrit les procédés de fabrication des produits de terre cuite. — O. 109-58.

B-2610. **Recueil d'exercices de calcul statique. Tome I — Énoncé des problèmes. — Solutions** (Aufgabensammlung aus dem Gebiet der Statik). GEIGER (Fr.); Edit. : *Werner-Verlag GmbH.*, Postfach 4567, Düsseldorf, All., 2 vol. (15 × 21 cm), — I (1958), xii + 310 p., 315 fig., DM. 43. — II (1954), 112 p., 281 fig., DM. 11. — Le présent ouvrage est destiné en premier lieu à faciliter la tâche des étudiants et des professeurs. Mais le praticien expérimenté trouvera lui aussi dans ce recueil les solutions d'une quantité de problèmes qui l'intéressent. — Types d'appuis des systèmes statiques plans; résultante de forces; poussée des terres et pression hydraulique; dilatation et contraintes thermiques; centres de gravité; moments d'inertie et moments résistants; calcul de résistance dans le cas de charges centrées; charges excentrées; flexion oblique; réactions aux appuis. — Etude de la poutre plane à une travée. La poutre articulée. La poutre en treillis. — O. 75-58.

B-2611. **Logements modernes. Vol. II : Réalisation de cités H. L. M. expérimentales. Résultats et conclusions pour la période actuelle et l'avenir**. De F. E. C. A. à l'Interbau (Neuer Wohnbau. Band II : Durchführung von Versuchssiedlungen. Ergebnisse und Erkenntnisse für heute und morgen von ECA bis Interbau). WANDERSLEB (H.), GÜNTHER (G.); Edit. : *Otto Maier*, Ravensburg, All. (1958), 1 vol. (22 × 29 cm), 272 p., 424 fig., DM. 28. — A l'aide d'une abondante documentation photographique, le présent ouvrage offre un tableau très vivant des réalisations allemandes au cours des dernières années. — On y trouve un chapitre consacré aux constatations et impressions de deux ménagères qui ont été chargées par le Ministère Fédéral du Logement de visiter les quinze cités d'H. L. M. construites dans différentes régions d'Allemagne entre 1951 et 1953, avec le concours de l'ECA.

(Economic Cooperation Administration). — D'autres chapitres traitent du problème de l'urbanisme, de la santé publique, de l'importance de la reconstruction du Hansa Viertel dans le cadre de l'Exposition Interbau, de la rationalisation du bâtiment, des caractéristiques de construction des immeubles dans les cités ECA, des essais sur maisons expérimentales à Holzkirchen, du prix de revient des logements dans les cités, des tendances constatées dans les autres pays d'Europe en matière de construction de logements. — L'accent est mis sur les conclusions à tirer des constructions expérimentales et sur le confort minimum à exiger des constructions modernes. — O. 114-58.

B-2612. **Emploi des aciers ronds dans les constructions métalliques** (Utilizarea barelor din Otel-Beton în construcții metalice). *Editura Technica*, Bucarest, Roum. (1958), 1 vol. (17 × 24 cm), 239 p., 38 réf. bibl., L. 13,20, 241 fig. — Généralités sur l'emploi le plus large possible des fers ronds dans les constructions métalliques et sur les économies de métal réalisées par l'emploi de ce procédé. Etude détaillée de poutres et de fermes; exemples et détails de construction. Exécution et entretien des éléments constitués de fers ronds. Essais de ces éléments. — Importante bibliographie, presque exclusivement russe. — O. 115-58.

B-2613. **La politique portuaire** (Politica portuaria). MENDOZA FRANCO (R.); *Dirección general de Obras marítimas*, Mexico, Mex. (1957), 2^e édit., 1 vol. (16 × 22 cm), 257 p., nombr. fig. — L'ouvrage s'adresse aux ingénieurs des ports ainsi qu'à tous ceux dont la profession est liée aux activités maritimes. Il constitue également une source de renseignements précieux pour l'économiste désireux de se rendre compte de l'évolution du Mexique et d'approfondir les problèmes posés par le développement de ce pays en relation avec ses relations maritimes. — Notions générales sur la conception d'un port; importance de l'industrie des transports maritimes au Mexique; implantation des chantiers navals; description des ports du Mexique; étude du programme des travaux et du financement. — Renseignements statistiques. — O. 139-58.

B-2613^a. **Métallurgie. I. II.** — CHAUSSIN (C.), HILLY (G.); *Édit. : Dunod*, 92, rue Bonaparte, Paris, Fr. 2 vol. (15,5 × 24 cm), I — **Alliages métalliques** (1957), 3^e édit., v + 248 p., 201 fig., F 1 160, — II — **Élaboration des métaux** (1959), 3^e édit., xiii + 212 p., 105 fig., F 880. — Le présent ouvrage constitue un cours pour les élèves-ingénieurs. — Le tome I est consacré aux alliages métalliques : diagrammes d'équilibre des alliages, méthodes de détermination des diagrammes, micrographie et macrographie, radiographie, alliages fer-carbone, traitements thermiques des aciers, aciers alliés, durcissement par revenu, traitements superficiels des aciers, lutte contre la corrosion, métaux et alliages non ferreux, tableau des procédés de contrôle des pièces métalliques. — Le tome II traite de l'élaboration des métaux; il a pour objet de présenter les notions fondamentales concernant l'élaboration et l'affinage des métaux, et de faire connaître comment ont été résolus les nombreux problèmes qu'entraîne la nécessité d'améliorer constamment la qualité des produits sidérurgiques : méthodes générales d'élaboration des métaux, traitements mécaniques préliminaires, procédés de séparation, traitements thermiques préliminaires. Notions de sidérurgie, fabrication de la fonte, étude du haut-fourneau, fabrication de l'acier, métallurgie des métaux non ferreux. — O. 82/59.

B-2613^b. **L'implantation des usines. Questions à résoudre.** — ALLUSSON (R.); *Édit. : Les Éditions de l'Entreprise moderne*, 4, rue Cambon, Paris, Fr. (1957), 1 vol. (13,5 × 21 cm), 77 p., 9 réf. bibl. — Étude des questions essen-

tielles qui se posent lors de la création ou du développement d'une usine. — Problème du choix de l'emplacement, de la disposition des locaux, de leur superficie. — Ambiance, services d'hygiène, services sociaux. — O. 9/59.

B-2613^c. **L'exploitation des carrières. Droit. Règlementation. Fiscalité.** — BOUSSAGEON (B. et Fr.); *Éditions de l'Actualité Juridique*, 32, rue Le Peletier, Paris, Fr. (1959), 1 vol. (15,5 × 24 cm), iii + 208 p., réf. bibl. — F 1 500 — Le présent ouvrage offre à tous ceux qu'intéresse l'exploitation des carrières une documentation complète et claire; il comporte un exposé méthodique des règlements d'exploitation des carrières et de nombreuses références jurisprudentielles. — Classification des gîtes de substances minérales. — Étude des différentes formes juridiques de l'exploitation d'une carrière. La fiscalité. Règlementation de l'exploitation : déclaration d'ouverture de carrière, règles à observer au cours de l'exploitation, surveillance de l'exploitation par l'administration, l'abandon de carrière. — La responsabilité. — O. 68-59.

B-2613^d. **Calcul à la rupture des portiques métalliques** (Plastic design of steel frames). BEEDLE (L. S.); *Édit. : John Wiley and Sons, Inc.*, 440 Fourth Avenue, New York 16, N. Y., U.S.A. (1958), 1 vol. (15,5 × 23,5 cm), xiii + 406 p., nombr. fig., \$ 13 00 — Cours destiné aux étudiants des grandes écoles techniques et des universités. — Les six premiers chapitres sont consacrés aux notions fondamentales et aux méthodes de calcul à la rupture. Ils examinent : la flexion des poutres; l'étude des ouvrages calculés à la rupture; les problèmes secondaires de calcul; les assemblages, notamment les assemblages soudés; les flèches. — Les trois derniers chapitres, intitulés « guide pour le calcul », constituent la partie pratique de l'ouvrage, et présentent sous forme de tableaux les procédés de calcul des poutres simples, poteaux, assemblages, portiques simples et systèmes de portiques. — O. 35/59.

B-2613^e. **Introduction à l'étude théorique et expérimentale des contraintes et des déformations** (Introduction to the theoretical and experimental analysis of stress and strain). DURELLI (A. J.), PHILLIPS (E. A.), TSAO (C. H.); *Édit. McGraw-Hill Publishing Company Ltd.*, McGraw Hill House, 95, Farringdon Street, Londres E.C.4. G.-B. (1958), 1 vol. (15,5 × 23,5 cm), xxx + 498 p., nombr. fig., s. 97/- — L'ouvrage constitue un cours pour les élèves-ingénieurs. — Il décrit plusieurs méthodes d'étude et passe en revue les principes de la théorie de l'élasticité, l'analyse dimensionnelle, l'emploi des extensomètres, des vernis craquelants, et des réseaux. — Les auteurs pensent que la théorie de l'élasticité constitue la base nécessaire de toutes les méthodes. Quelques problèmes élémentaires sont présentés et résolus en faisant appel à cette théorie; d'autre part, la solution développée par Kirsch pour le calcul d'une plaque infinie comportant un trou circulaire est traitée en détail. — Théorie des contraintes et des déformations. Représentation graphique des contraintes et des déformations en un point. — Étude de la théorie de l'élasticité. Application aux problèmes à trois dimensions. Les problèmes à deux dimensions dans la théorie de l'élasticité. — Représentation géométrique des contraintes planes et des déformations correspondantes en un point. Propriétés des familles spéciales de courbes. Applications aux problèmes à deux dimensions. — Introduction à l'emploi des méthodes expérimentales. Les méthodes statistiques et leur application à l'étude expérimentale des contraintes. Analyse dimensionnelle. Méthode des réseaux; emploi des vernis craquelants. Les extensomètres. — O. 45/59.

B-2613^f. **Tables pour le calcul des constructions en bois** (Tafeln für den Ingenieur-Holzbau).

BERG (E.); *Édit. : VEB Verlag Technik*, Unter den Linden 12, Berlin NW7, All. (1958), 3 édit., 1 vol. (17 × 23,5 cm), 62 p., nombr. fig., DM. 3.40 — Tables des forces portantes des éléments droits de différentes sections et de différentes longueurs soumis à des efforts axiaux, et à des efforts de flexion avec ou sans charge axiale. Charges admissibles des boulons et des pointes, et des différents assemblages. Tableaux de calcul de différents types de fermes. — O. 66/59.

B-2613^g. **Fondations des bâtiments et des ouvrages de génie civil** (Die Gründung von Hoch- und Ingenieurbauten). PLAGEMANN (W.), LANGNER (W.) *Édit. : B.G. Teubner*, Goldschmidtstrasse 28, Leipzig, All. (1958), (Best.-Nr. 9317), 1 vol. (17 × 23 cm), xii + 405 p., 425 fig., 162 réf. bibl. — DM. 29.40 — L'ouvrage n'est pas un cours théorique, il est destiné principalement à servir de guide aux étudiants et aux jeunes ingénieurs et à leur montrer les possibilités d'une solution intéressante, tant au point de vue technique qu'au point de vue économique, dans de nombreux cas de la pratique courante. — Il constitue également un aide-mémoire de consultation facile pour l'ingénieur ayant à résoudre de difficiles problèmes de fondations. — Par suite du manque de place; l'auteur n'a pu aborder l'étude des fondations antisismiques, ni celle de l'étanchéité des ouvrages. — Contrairement à la plupart des cours sur les fondations où la classification des chapitres oppose les fondations sur semelles aux fondations profondes, l'auteur s'est attaché ici à établir une distinction fondamentale entre les fondations sèches et les fondations dans l'eau, estimant que dans les travaux de fondation, la présence de l'eau a plus d'importance pour le choix d'un procédé que le niveau auquel on trouve le bon sol. — Classification des sols de fondation; caractéristiques physiques et chimiques des roches. L'eau dans le sol de fondation. — Reconnaissance des sols de fondation. Amélioration de la force portante d'un sol de fondation par compactage; consolidation. Influence du gel. Exécution des fouilles à sec et dans l'eau. — Caractéristiques des rideaux de palplanches et procédés de calcul. — Fondations à sec : fondations sur semelles, sur radier, fondations profondes sur puits, sur pieux. — Fondations dans l'eau : sur semelles, sur caissons foncés, sur puits, sur pieux, sur caissons pneumatiques. — Étude des divers types de murs de soutènement et de culées pour ponts à poutres, ponts en arc, ponts suspendus. Calcul des murs de soutènement. Travaux de consolidation et de reprise en sous-œuvre. Fondations spéciales. — O. 44/59.

B-2613^h. **Cours pratique sur la statique des constructions. I. II.** (Praktische Baustatik). SCHREYER; *Édit. : B.G. Teubner*, Blumenstrasse 27-29, Stuttgart, All., 2 vol. (16,5 × 23,5 cm), Vol. I (1957), 10^e édit., viii + 163 p., 272 fig., réf. bibl., DM. 10.80 — Vol. II (1958), 8^e édit., vi + 245 p., 433 fig. DM. 16.80 — L'ouvrage qui a déjà fait l'objet de plusieurs éditions s'adresse au corps enseignant et aux étudiants, aux architectes, aux entrepreneurs et aux techniciens de la construction. — La présente édition, et plus particulièrement la deuxième partie, comporte par rapport aux éditions précédentes un certain nombre de modifications et d'adjonctions rendues nécessaires par l'évolution des méthodes de calcul. — 1^{re} Partie : Notions fondamentales de statique, de résistance et d'élasticité des matériaux. Résistance à la traction, à la compression, au cisaillement. Composition, décomposition et équilibre des forces dans un plan. Détermination du centre de gravité. Stabilité contre le déversement et le glissement. Résistance à la flexion. Étude des différents types de poutres. — 2^e Partie : Calcul des assemblages : assemblages rivés, boulonnés, soudés, cloués. Déformation

sous flexion. Calcul de la poutre encastrée, de la poutre continue, de la poutre articulée, de la poutre oblique et de la poutre coude. Flexion double et flexion oblique. Flambement. Calcul des couvertures. Charges excentrées. Voûtes, arcs et culées. — O. 14/59, O. 15/59.

B-2613¹ **Cours de construction des bâtiments.** I. — (Baukonstruktionslehre). — FRICK, KNOLL, NEUMANN (Fr.); Edit.: **B.G. Teubner**, Blumenstrasse 27/29, Stuttgart, All. (1957), 20^e éditn, 1 vol. (16,5 × 23,5 cm), vi + 210 p., 300 fig., nombr. réf. bibl., DM. 13.60 — La présente édition de cet ouvrage constitue une refonte complète qui a été exécutée par un technicien expérimenté. — Le texte, ainsi que les figures, ont été adaptés aux derniers perfectionnements de la technique; d'autre part, une place importante est réservée aux normes, ainsi qu'aux Directives et Règlements de la construction en vigueur en Allemagne. — Exécution des fouilles et des travaux de fondation. Murs en briques, en agglomérés, en pierres naturelles, en terre argileuse, en béton, en éléments préfabriqués. — Cloisons de construction légère. — Planchers voûtés, planchers en béton armé, planchers à poutres en bois. Revêtements de sols de différents types. — Etude des enduits; composition des mortiers, exécution des travaux; avaries des enduits. Mesures spéciales de protection dans le bâtiment: protection contre l'humidité; isolation thermique et acoustique. — O. 17/59.

B-2613¹ **Travaux de fondation (Grundbau).** SCHULZE (W.E.); Edit.: **B.G. Teubner**, Blumenstrasse 27/29, Stuttgart, All. (1957), 12^e éditn (Best.-Nr. 5 200) 1 vol. (16,5 × 23,5 cm), vi + 181 p., 304 fig., DM. 14.80 — L'ouvrage étudie, au point de vue de l'exécution pratique des travaux, tous les problèmes relatifs aux fondations; il est destiné plus particulièrement aux élèves des écoles techniques et aux jeunes techniciens de la construction. — Par rapport aux onze éditions antérieures, la nouvelle édition comporte la refonte d'un grand nombre de chapitres et des adjonctions sur les nouveaux procédés mis au point dans le domaine de la reconnaissance des sols et de l'exécution des travaux. — Classification des sols de fondation; sondages et prélèvement d'échantillons; notions fondamentales de mécanique des sols; essais de charge; force portante des pieux; charge admissible du sol de fondation. — Exécution des fouilles à sec, dans la nappe aquifère, dans le lit des rivières. Épuisement par pompage. Fondations sur semelles, sur puits, sur pieux. Fondations à l'air comprimé. Protection des fondations et étanchement. — Travaux de reprise en sous-œuvre. Protection des ouvrages contre les vibrations. — O. 19/59.

B-2613³ **L'assainissement urbain (Stadtentwässerung).** HOSANG (W.); Edit.: **B.G. Teubner**, Blumenstrasse 27/29, Stuttgart, All. (1953), 2^e éditn, (Best.-Nr. 5216). 1 vol. (16 × 23,5 cm), vi + 122 p., 99 fig., DM. 10.20 — L'ouvrage doit servir à la formation professionnelle des élèves-ingénieurs, et constituera également un mémento pratique pour l'ingénieur chargé de l'élaboration des projets, de l'exécution et de l'exploitation des installations d'assainissement. — La première partie est consacrée à la description des caractéristiques des eaux usées. — Dans la deuxième partie sont étudiés, les

réseaux d'égout: forme de la section transversale des conduites; calcul hydraulique des sections; établissement d'un projet d'assainissement urbain; tracé du réseau; matériaux employés et construction des conduites. — La troisième partie traite des procédés d'épuration des eaux usées et décrit les différents traitements mécaniques, chimiques, biologiques. — Un chapitre est ensuite consacré aux boues d'égout, à leur traitement et à leur utilisation. — O. 24/59.

B-2613¹ **Formulaire pour l'étude des constructions** (Bautechnische Zahlentafeln). WENDEHORST (R.); Edit.: **B.G. Teubner**, Blumenstrasse 27/29, All. (1957), 11^e éditn, 1 vol. (13,5 × 19,5 cm), 272 p., nombr. fig., DM. 13.8 — Le présent ouvrage qui a déjà fait l'objet de dix éditions constitue un mémento pratique pour les architectes, les ingénieurs et les techniciens des travaux publics et du bâtiment, ainsi que pour les étudiants. — La nouvelle édition comporte une série d'améliorations et d'adjonctions, notamment en ce qui concerne les normes DIN et les règlements allemands de la construction, et tient compte des progrès les plus récents dans le domaine de la construction en béton et de la technique routière. — Mathématiques; mesures et poids, hypothèses de charge; statique; ouvrages en maçonnerie, en bois, en acier, en béton armé. Travaux publics: topographie, construction des routes, des ponts, des ouvrages hydrauliques, des conduites et canalisations. — O. 13/59.

B-2613^m **Etude de la combustion et de la protection chimique contre l'incendie. Notions fondamentales** (Brandlehre und chemischer Brandschutz. Eine Einführung in die Grundlagen) SCHEICHL (L.) Edit.: **Alf. Hüthig Verlag**, Heidelberg, All. (1958), 2^e éditn, 1 vol. (16 × 23,5 cm), xxiv + 424 p., 49 fig., réf. bibl., DM. 28. — Le présent ouvrage constitue une monographie groupant de façon systématique toutes les connaissances sur les phénomènes de combustion, considérés comme appartenant à la fois au domaine de la physique et au domaine de la chimie. — Pour faciliter la compréhension du texte, l'auteur a surtout fait appel aux lois de la thermodynamique, qui constituent l'élément de base de ses démonstrations. — Le lecteur trouvera dans cet ouvrage les résultats des recherches les plus récentes qui n'ont pas encore été publiées dans la littérature spécialisée. — Chimie de la combustion: oxydation, matières combustibles, produits de la combustion. Application des lois de la thermodynamique à l'étude de la combustion. Cinétique de la combustion: inflammation, propagation du feu, évolution des incendies. Mesures de prévention chimique des incendies; matériaux incombustibles et difficilement inflammables; diminution de l'inflammabilité (du bois, des tissus); prévention d'explosions causées par la poudre et d'incendies de mines; prévention des incendies de réservoirs à mazout. — Lutte chimique contre le feu. Étude générale de l'extinction. La chimie des produits d'extinction: eau, vapeur d'eau, gaz carbonique, carbures d'hydrogène halogènes, mousses de types variés. Problèmes chimiques de l'emploi de produits d'extinction dans quelques cas particuliers. — O. 55/59.

B-2613ⁿ **Brochure commémorative éditée à**

l'occasion de l'inauguration et de la mise en service du pont Weinland sur la Thur à Andelfingen (Suède) le 17 mai 1958 (Gedenkschrift zur Einweihung und Verkehrsübergabe der Weinlandbrücke über die Thur bei Andelfingen am 17. Mai 1958). — **Direktion der öffentlichen Bauten des Kantons Zürich**, Suisse, 1 vol. (21 × 30 cm), 203 p., 270 fig. — Après une étude des circonstances ayant amené à la réalisation d'une déviation, l'ouvrage expose les caractéristiques des divers projets de pont-route mis au concours. — Il décrit de façon détaillée le projet adopté et exécuté, à savoir un pont à poutres continues en béton précontraint selon procédé B.B.R.V. sur quatre travées de 57, 76, 88 et 66 m de portée. — Les autres chapitres sont consacrés à l'esthétique de l'ouvrage, à l'organisation du chantier, aux conditions géologiques, à l'exécution des travaux, aux fondations, aux échafaudages en bois, aux méthodes de calcul, aux revêtements, aux essais et observations sur le comportement de l'ouvrage. — O. 59/59.

B-2613^o **Sections annulaires en béton armé (Tables et graphiques pour le calcul rapide des canalisations, cheminées, réservoirs)** — (Sezioni anulari in cemento armato — Tabelle e grafici per il calcolo rapido di tubi, camini, serbatoi). PERUCCI (G.), Edit.: **Vitali e Chianda**, Via alla Chiesa della Maddalena, 9, Gênes, Ital. (1958), 1 vol. (17 × 24,5 cm), 31 p., 9 fig., 8 pl. h.-t. — Exposé rapide des méthodes de calcul des ouvrages à section annulaire en béton ordinaire ou en béton armé, et notamment des cheminées industrielles et des canalisations, accompagné de tableaux de chiffres et de graphiques. — Pour faciliter le calcul des cheminées industrielles, l'auteur a ajouté un court chapitre sur la poussée du vent et sur les sollicitations thermiques (effets de l'ensoleillement et de la température des gaz ou des fumées). O. 133/58.

B-2613^p **Colloque sur l'adhérence entre acier et béton et sur la fissuration du béton armé, Stockholm 1957. — Vol. III — Communications** (Symposium on bond and crack formation in reinforced concrete, Stockholm 1957. Vol. III — Proceedings). **Svenska Forskningsinstitutet för Cement och Betong**, Drottning Kristinasväg 26, Stockholm, Suède, 1 vol. (21 × 29,5 cm), xv + 269 p., nombr. fig., nombr. fig. h.-t. — **Réunion internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions (R.I.L.E.M.)**. — Texte de communications présentées sur les sujets suivants: I — Adhérence entre les barres d'armature et le béton: essais de courte durée. — II — Fissuration des ouvrages en béton armé: résultats d'essais et mesures de l'espacement et de la largeur des fissures. — III — Essais de longue durée: fatigue. — IV — Influence de l'adhérence et des fissurations sur la corrosion des armatures, l'étanchéité à l'eau, la rigidité. — V — Ancrages et joints d'armatures par recouvrement et adhérence. — VI — Théories de l'adhérence et de la fissuration. — VII — Règles simplifiées et spécifications à la largeur des fissures dans différents pays. — VIII — Recommandations relatives aux essais concernant l'adhérence et la fissuration. — Résumé d'une discussion sur la corrosion de l'acier dans le béton. — O. 49/59.

(Reproduction interdite.)

JUIN 1959

Douzième Année, N° 138

Série : *TECHNIQUE GÉNÉRALE DE LA CONSTRUCTION* (31)

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SÉANCE DU 28 NOVEMBRE 1958

sous la présidence de **M. BLACHÈRE**,
Directeur du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment



Les destructions.

LA RECONSTRUCTION DE THÉRA

par **M. E. STATHAKIS**,

Ingénieur Civil

Directeur au Ministère de l'Habitat à Athènes

AVANT-PROPOS DU PRÉSIDENT

J'ai ce soir le très agréable honneur de vous présenter M. Stathakis, Ingénieur de l'Université des Techniques d'Athènes et Directeur au Ministère de l'Habitat, en Grèce, qui va vous parler de la reconstruction de l'île de Santorin.

M. Stathakis, ces dernières années, a dirigé la reconstruction des régions de Grèce ravagées par les séismes qui sont toujours nombreux dans la péninsule hellénique, mais dont les derniers ont été spécialement destructeurs. Le dernier séisme destructeur en date est celui qui a affecté l'île de Santorin dont M. Stathakis a dirigé personnellement la reconstruction, au moins au cours des premiers mois.

Il y a parmi vous un certain nombre de personnes qui ont participé, comme moi, à la reconstruction de la région sinistrée d'Orléansville et ceux-là jugeront encore mieux l'effort qui a été accompli pour la reconstruction de Santorin dans des conditions matérielles très difficiles.

Mais à Santorin, comme dans toute la Grèce, si la nature est pauvre, elle est admirable et les hommes y ont une ingéniosité et un courage exceptionnels.

Avant de passer la parole à M. Stathakis, je voudrais saisir l'occasion qui m'est donnée de le remercier publiquement de l'extrême hospitalité avec laquelle les membres du Groupe de l'A. E. P. et tout particulièrement la délégation française pour la coordination modulaire ont été reçus au mois de septembre, en Grèce, par ses soins et par ceux de l'Institut National Royal. Nous en avons gardé un souvenir inoubliable.

RÉSUMÉ

Thera est une petite île grecque qui fut en grande partie détruite par des tremblements de terre en 1956.

Deux points sont d'abord évoqués :

— Les matériaux utilisés : la terre de Thera, la pierre ponce de Thera et la pierre de lave.

— Les types de constructions traditionnelles : la maison troglodyte et la maison en maçonnerie épaisse.

La reconstruction de l'île posa des problèmes particuliers :

— Transports difficiles,

— Manque d'eau,

— Pas de production d'éléments de construction,

— Main-d'œuvre insuffisante, et c'est la solution à ces différents problèmes qui est exposée ici :

— Le système de reconstruction choisi résistant à une nouvelle secousse sismique, les blocs spéciaux permettant une armature verticale et horizontale sont longuement décrits.

— Comment on a pallié le manque d'eau et de main-d'œuvre.

SUMMARY

Thera is a small Greek island which was destroyed by earthquakes in 1956.

Two points are first given attention :

— Materials utilized for construction : Thera soil, local pumice stone and lava.

— Traditional types of construction : cave dwellings and thick walled masonry houses.

Reconstruction on the island posed particular problems :

— Difficulty in transportation,

— Lack of water,

— No production of standardized building elements,

— Lack of labor.

The solutions found for these various problems form the subject of this article.

— The system selected for rebuilding should resist future earthquakes. The special features of the system which permit vertical and horizontal reinforcement are described at length.

— Measures to offset the shortage of water and of labor are also described.

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

EXPOSÉ DE M. E. STATHAKIS

C'est à la fois un grand honneur et un plaisir pour moi de répondre à l'aimable invitation que m'ont faite l'*Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics* et la *Société des architectes diplômés par le Gouvernement*.

Je suis donc heureux de présenter devant un public si hautement qualifié une petite île de la Grèce : Théra.

Mais tout d'abord je voudrais exprimer ma gratitude à M. Blachère qui a bien voulu présider cette réunion, ainsi qu'aux deux groupements qui l'ont organisée.

Ceci dit, qu'il me soit permis de vous remercier tous pour l'intérêt que vous portez ainsi à mon pays lointain : la Grèce, dont vous connaissez le passé et l'histoire contemporaine et qui est restée toujours fidèle à l'idéal de liberté, idéal si cher à la France et qui a forgé tant de liens entre nos deux pays.

La petite île de Théra, dénommée aussi Santorin, est située au Sud-Est de la mer Egée, à environ 300 km du Pirée, port d'Athènes et elle ne couvre qu'une trentaine de kilomètres carrés.

A vrai dire, Théra n'est pas une île comme les autres, c'est un volcan dont le cratère se trouve à une très grande profondeur au dessous du niveau de la mer.

Dans les temps passés, 1 200 ans environ avant Jésus-Christ, l'île de Théra avec Thérasia et l'étendue de mer qui les sépare constituaient une seule île de forme arrondie qui pour cette raison était appelée « Στρογγυλή » en français « La Ronde » (fig. 1).



FIG. 1. — Ile de Théra.



FIG. 2. — Iles de Kameni.

A cette époque de colossales éruptions en soulevèrent le pourtour. D'énormes quantités de lave fondue s'élançèrent vers le ciel et recouvrirent les parties de l'île qui ont subsisté (Théra, Thérasia et l'îlot Aspronisi).

La dépression qui se créa ainsi au centre fut alors envahie par les flots qui rétablirent provisoirement le calme du paysage.

Au centre de ce cratère grandiose, les deux îles de Kameni n'apparurent que beaucoup plus tard, la nature reconstruisant en partie ce qu'elle avait primitivement détruit.

Des éruptions moins spectaculaires ont fait en effet émerger des volumes considérables de lave qui ont formé les îles de « Kameni », en français « Terre brûlée » (fig. 2).

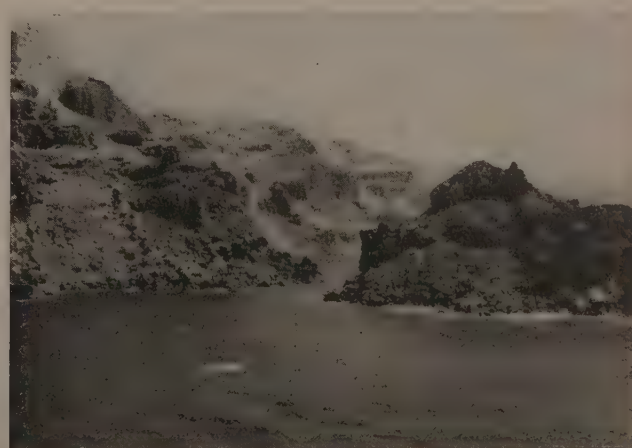


FIG. 3. — Rochers volcaniques.



FIG. 4. — Phira — Ville principale.

Pour le visiteur de Théra, il n'est pas indispensable d'être géologue pour avoir la sensation du cratère proche. Le paysage est plus qu'éloquent. Les pentes abruptes presque verticales qui le bordent, les couches successives de lave noire foncée, de cendres blanches et de couleur ivoire, de terre brûlée aux colorations variées ainsi que l'aspect extrêmement sauvage des amas de blocs de lave noire de Kameni évoquent inévitablement l'image de la force de la nature, tour à tour destructive et régénératrice (fig. 3).

C'est cet aspect étrange, visible dès que le bateau pénètre dans les eaux de Théra, qui constitue le véritable charme de ce paysage unique au monde.

Les photographies des figures 4, 5, 6, 7 et 8 en particulier celles de Phira ville principale, vous donneront une idée de l'ambiance de ce cadre et vous permettront de vous rendre compte des conditions dans lesquelles a été effectuée la reconstruction de l'île détruite par le séisme.

La nature chaotique des lieux ne doit pas faire oublier ses habitants qui, liés à cette terre mouvementée, jouissent de son charme mais en subissent aussi les dangers et les rigueurs.

Une dizaine de milliers de personnes se répartissent dans les quatorze villages et Phira, la capitale, compte pour sa part 2 200 habitants.

Ces gens paisibles — contrairement à l'hostilité de la nature — vivent de la culture de la vigne, car ce sol pauvre recouvert de cendres volcaniques produit d'excellents raisins. Mais certains et plus nombreux préfèrent s'expatrier et voguer vers de lointains pays. Devenus riches, ils reviennent à leur petite île natale qu'ils n'oublient jamais. Les plus dynamiques ont réussi à armer de véritables flottes. Théra a été et demeure la patrie des armateurs bien connus dans les cercles nautiques; notons encore que la France conserve avec cette île étrange des liens étroits. Il existe en effet un couvent catholique à Phira et un consulat à Théra.

C'est ce pays pacifique que « Engelados » personnification de la force séismique, a choisi comme victime

le matin du 9 juillet 1956. A 5 h 10 mn deux secousses successives ont réveillé brusquement les habitants de Théra. Une troisième qui survint deux minutes plus tard a ébranlé la ville, causant d'énormes dégâts matériels et provoquant des pertes humaines : 55 morts et un grand nombre de blessés. Bilan tragique auquel il faut ajouter la destruction totale ou partielle d'environ 70 % des 3 400 bâtiments de Théra. Enfin un raz de marée, énorme vague atteignant 4 m de hauteur balaya les côtes de Théra et s'est propagé jusqu'à l'île de Crète distante de plus de 100 miles nautiques (185 km environ).

La première impression des sinistrés était que la responsabilité du séisme incombait au volcan sous marin, et ils craignaient une éruption. Mais il s'est avéré rapidement que le volcan n'était pour rien dans la catastrophe. Le séisme a été nettement caractérisé comme « tectonique universel de profondeur ». Son intensité n'a pas dépassé le huitième degré de l'échelle dodécabathmique Mergalli-Sieberg. Son épicerentre devait être situé hors de l'île, au nord-est de celle-ci. La vague séismique prit une direction nord nord-est sud sud-ouest.

Les fissures constatées dans les bâtiments sont très caractéristiques à ce point de vue; il en est de même du fait que les plus grandes destructions furent enregistrées vers le nord de l'île.

Au contraire les dégâts furent moins importants dans les villages du sud et du sud-ouest et Thérassia la sœur de Théra n'a été que très légèrement endommagée. Les îles voisines vers le nord de Théra ne subirent que des dégâts insignifiants.

En se reportant à l'histoire séismique des derniers centaines de l'île, nous constatons que Théra a souffert à plusieurs reprises de tremblements de terre provenant soit d'éruptions volcaniques de faible intensité qui généralement n'ont pas causé de graves dégâts, soit de mouvements de l'écorce terrestre (tectoniques) comme celui du 9 juillet 1956.

Les périodes qui se sont écoulées entre les séismes de caractère catastrophique ont été relativement longues. Le grand séisme qui eut lieu en 1550 détruisit 200 maisons. Ceux, enregistrés en 1649, 1706, 1810, 1905, 1906 et 1919 furent moins importants et ne causèrent que quelques dégâts.

On peut en conclure que celui du 9 juillet 1956 malgré son intensité relativement faible a été plus désastreux que ceux des quatre ou cinq derniers siècles.

Il est évident que les habitants de Théra avaient confiance en leur île malgré sa constitution volcanique et que les constructions traditionnelles qui avaient été édifiées ne tenaient pas sérieusement compte de l'éventualité d'un tremblement de terre. C'est là l'explication du grand nombre de destructions constatées malgré la faible intensité du séisme.

Il est donc intéressant d'examiner de plus près les matériaux employés et le mode de construction traditionnel non seulement en fonction de leur résistance aux effets séismiques mais aussi parce qu'ils présentent une particularité très remarquable.

Les habitants de Théra avaient à leur disposition d'énormes quantités de matériaux de construction, tous naturellement d'origine volcanique.

Presque toute la surface de l'île est recouverte d'une sorte de pouzzolane composée de cendres dont l'épaisseur varie de quelques mètres à 40 mètres et plus encore.

Ces cendres de couleur ivoire sont appelées « *θηραϊκή γη* » en français « Terre de Théra »; elles constituent la base d'un mortier hydraulique d'excellente qualité. Il suffit de lui ajouter de faibles proportions de chaux (1 pour 5, jusqu'à 1 pour 8) et de l'eau pour obtenir un mortier qui est employé tant pour la maçonnerie proprement dite que pour la confection des enduits intérieurs et extérieurs d'une étanchéité parfaite.

Ces mortiers à base de terre de Théra, ont été à plusieurs reprises, utilisés pour la construction de grands ouvrages maritimes en donnant d'excellents résultats. Leur adhérence, leur résistance mécanique et leur durabilité sont d'autant plus grandes qu'ils se trouvent constamment en atmosphère humide.

Pour profiter de ces diverses qualités, on utilise la « terre de Théra » dans la fabrication des ciments dits de « type Hellenik ». Ce sont des ciments ordinaires

Portland, auxquels on ajoute 10 % de terre de Théra pendant le broyage du klinker. Durant ces dernières années on a étudié les propriétés de types de ciments comportant un pourcentage plus élevé de terre de Théra, surtout au point de vue de la tenue des armatures.

Examinons maintenant le second matériau de construction : la pierre ponce de Théra, qui est aussi le résultat des caprices de la nature. Pendant l'éruption, les gaz ont traversé la lave brûlante et celle-ci s'étant refroidie à l'air a pris l'aspect d'éponges pétrifiées de diverses dimensions (gravillons, gravier, cailloux etc...)

La pierre ponce présente les mêmes caractéristiques que la terre de Théra comme un gravier et un sable provenant d'une même carrière. Elles se trouvent en couches séparées par l'effet de la gravité pendant leur chute après leur projection dans le ciel. On trouve naturellement dans les couches de terre de Santorin une certaine quantité de pierre ponce et réciproquement; la nature aime tellement la diversité!

Agrégat de qualité, la pierre ponce de Théra sert à la confection de bétons légers; elle est aussi utilisée comme isolant surtout pour les terrasses. Ses qualités la font même exporter à l'étranger, jusqu'en Californie.

FIG. 5, 6, 7, 8. — Divers aspects de Théra.

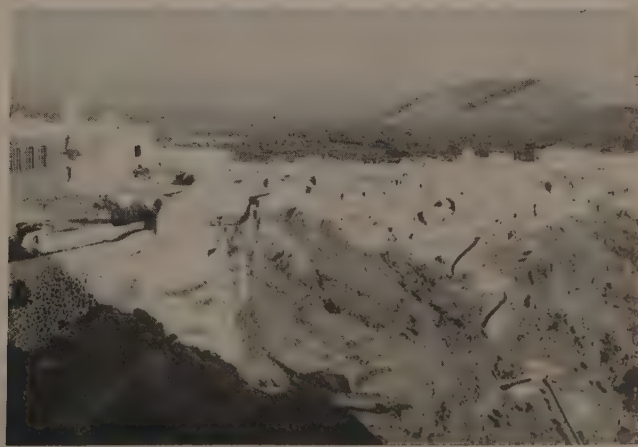
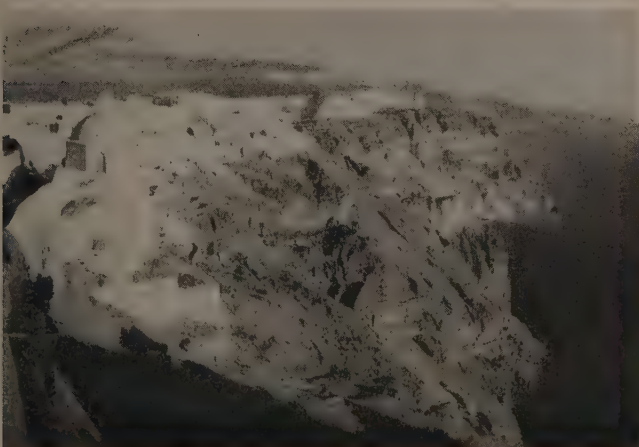




FIG. 9. — Un aspect des communications.

Le troisième matériau disponible est la pierre de lave, compacte, lourde, de forme généralement arrondie, très difficile à mettre en œuvre.

Il existe aussi au sud-est de l'île de la pierre calcaire, et au nord, des gisements d'argile brûlée et expansée qu'on utilise pour la construction des murs.

Ce sont des matières premières dont les habitants disposaient en grande quantité pour construire leurs maisons. Bois, fer, ciment, briques et tous les autres matériaux de construction, non seulement manquaient à Théra, mais sont très difficiles à amener à pied d'œuvre, les transports se faisant à dos de mulets, par une route très raide, qui sur une longueur de 2 km s'élève de 220 m (fig. 9).

Malgré ces difficultés, la tradition jouant, les artisans populaires ont résolu le problème de leurs constructions en utilisant les matériaux locaux, d'une manière à la fois ingénieuse et satisfaisante à tous points de vue, mais qui ne tenait pas compte de l'intervention inopinée de « Sa Majesté le Roi Engelados », qui n'était pas tout à fait d'accord avec ce mode de construction.

Examinons maintenant les divers types de constructions traditionnelles. Le plus simple d'entre eux était la maison troglodyte, sorte de galerie creusée dans la couche de terre de Théra à flanc de coteau, la façade s'ouvrant en plein air.

L'intérieur de ces habitats composés de deux ou au plus trois pièces était enduit au mortier de terre de Théra, qui constituait également le plancher. Nous les appelons « Yposkafa » (fig. 10).

Ces constructions avaient les avantages suivants :

a) coût minime. La famille les construisait généralement elle-même à l'exception des portes et des fenêtres qui d'ailleurs n'existaient qu'en façade.

b) sécurité absolue. Aucun de ces habitats n'a été gravement endommagé par le séisme, malgré leur superposition habituelle en plusieurs étages.

c) protection contre la chaleur et le froid.



FIG. 10. — Le port et des « Yposkafa ».

Par contre ces « Yposkafas » ont été jugées inadmissibles au point de vue de l'hygiène; toutes ont été remplacées par des maisons neuves en plein air.

Le second type de maisons traditionnelles, le type courant, était construit en maçonnerie épaisse de 60 cm à 1 m en pierres volcaniques compactes — lave — avec un mortier plutôt pauvre de terre de Santorin et de chaux (1 à 5 jusqu'à 1 à 8).

En effet, il était indispensable de construire des murs d'une telle épaisseur, car étant de forme arrondie, les pierres disponibles obligeaient à maçonner avec une grande proportion de mortier pour faire une sorte de béton. L'épaisseur et le poids servaient d'ailleurs pour résister à la poussée des voûtes qui généralement formaient le plafond. Ces voûtes prenaient différentes formes. Le demi-cylindre assez en usage dans les maisons d'un seul étage, a relativement bien tenu aux séismes, sauf les métopes des façades qui lorsqu'elles n'étaient pas assez bien liées avec la voûte furent renversées.

Le matériau de construction des voûtes était toujours le même : pierre de lave et mortier de terre de Théra. Pendant les deux dernières décades les habitants s'étaient aperçus de l'intérêt qu'offrait la pierre ponce en cailloux pour la confection des voûtes. Leur résistance a été de beaucoup supérieure à celle des voûtes analogues en lave.

Mais lorsque la couverture était en terrasse, ou quand l'immeuble comportait deux étages, on construisait une voûte presque plane avec points d'appuis arrondis, la flèche de la partie plane ne dépassant pas 15 à 20 cm. Ces voûtes avaient l'épaisseur du mur aux quatre arêtes d'appui et s'amincissaient au centre (10 à 20 cm). On les appelle voûtes « scaphoïdes ». Vraiment curieuses, elles, couvraient de grandes surfaces allant jusqu'à 15 m de longueur sur 6 m de large et sans aucune armature. Le matériau employé était toujours de la lave ou de la pierre ponce avec du mortier de terre de Théra.

De telles grandes voûtes existaient surtout dans les maisons riches de Théra ; elles avaient bien résisté pendant cent ou deux cents années à des séismes moins importants que celui du 9 juillet 1956.

Mais toutes ces voûtes et surtout les anciennes en lave, à cause de leurs portées et de leur forme ont été abattues par le séisme provoquant dans la plupart des cas des accidents mortels (voir page de couverture).

Il est à noter que les maisons traditionnelles de Théra placées pour la plupart sur les pentes du cratère offraient un caractère d'architecture populaire d'une rare finesse. C'était pour les touristes et les artistes l'un des grands attraits de l'île que ces belles constructions toutes blanches qui contrastaient avec la roche noire et rude du volcan (fig. 11).



FIG. 11. — Un quartier réparé.

Parmi ces maisons rustiques, plus de 300 églises constituant de véritables perles d'art furent bâties dans l'île par ses habitants. La plupart d'entre elles ont été hélas détruites, mais un assez grand nombre a pu être réparé ou reconstitué (fig. 12, 13, 14 et 15).

Le séisme a heureusement respecté une partie des maisons traditionnelles situées sur une pente de Phira, ville principale de Théra. Ainsi a été conservé le cachet de cette île étrange (fig. 16).

Telle était la situation le lendemain du séisme, quand une équipe d'ingénieurs et d'architectes arriva à Théra pour envisager le problème de la reconstruction.

Pour mieux se rendre compte des données du problème il est indispensable de souligner :

a) la difficulté des transports faute de port de débarquement lié à une voie routière,

b) le manque d'eau dans l'île pour les constructions, l'alimentation en eau potable étant très insuffisamment assurée par des citernes dont une partie avait été endommagée. Il se posait même le problème de satisfaire aux besoins en eau potable.

c) l'absence de toute installation de production d'éléments de construction, même artisanale.

d) l'insuffisance de la main-d'œuvre pour une reconstruction sur une vaste échelle. Il n'existait dans l'île que quelques ouvriers spécialisés qui suffisaient aux besoins courants de réparation et à la réalisation d'environ une vingtaine de maisons neuves par an.

Dans ces conditions, il fallait comme au désert partir de zéro et mettre au point, en premier lieu, un système de construction basé autant que possible sur l'utilisation



FIG. 12. — Église fissurée.

des matériaux de l'île, pour réduire au minimum les transports.

De plus ce système devait être simple, et comporter un certain degré de fabrication en usine, je n'ose pas utiliser le mot préfabrication, pour réduire les besoins en main-d'œuvre spécialisée, les ouvriers non spécialisés ne manquant par contre pas.

Enfin, il ne fallait pas oublier que les constructions devaient pouvoir résister à une nouvelle secousse sismique.

En conséquence, il fut décidé d'utiliser la pierre ponce comme matériau de base, sous forme de blocs spéciaux. Ce système a été appliqué en partie à deux villages de Céphalonie (Saint Euphémie et Lacythra) reconstruits par le Gouvernement français.

Les blocs spéciaux ont été conçus de telle sorte que :



FIG. 13, 14, 15. — Divers types d'églises traditionnelles.

a) le mur puisse être armé pendant la construction verticalement et horizontalement pour répondre aux conditions de calcul antiséismique et sans avoir besoin de coffrage.

b) les nervures verticales possèdent des dimensions appropriées pour que leur remplissage en béton de gravillon soit assuré.

c) un élément spécial vertical soit prévu pour les angles et les croisements, ce qui permettrait la confection de nervures renforcées en béton (toujours sans coffrage), à la demande du calcul.

d) les dimensions de tous les types de blocs — ainsi que de tous les éléments de construction — soient modulées sur le module de base de 10 cm et le module de plan de 40 cm.

Quatre types de blocs ont été nécessaires pour satisfaire à ces besoins.

Le type A qui est le type fondamental pour une maçonnerie de pierre ponce armée a des dimensions nominales de $20 \times 20 \times 40$ cm et effectives de $18,5 \times 19,5 \times 39$ cm. Ce type permet l'incorporation de nervures verticales armées tous les 40 cm, et il s'applique à tous les murs courants (fig. 17).

Le type B, est utilisé dans tous les angles, les croisements et les ouvertures. Il crée un élément vertical renforcé en béton armé, qui est en réalité un poteau de 12,5 cm de diamètre, sans coffrage. En même temps, il s'ajuste avec le type A, et permet la terminaison des angles, croisements etc... d'une façon plane. Il a les mêmes dimensions nominales que le type A (fig. 18).

Le type C est la moitié du type fondamental A, et il complète aux angles les types B qui se croisent (fig. 19).

Le type D a été spécialement étudié pour la construction des voûtes. Il est semblable au type fondamental A, avec les oreilles coupées d'un côté, pour permettre la réalisation des nervures transversales dans l'axe de la voûte.

Avec les blocs du type D le coffrage de la voûte nécessite seulement des arcs en bois ou en métal, espacés de 40 cm d'axe en axe.

En ce qui concerne la construction, réalisée avec les types de blocs mentionnés, elle ne diffère pas essentiellement de la construction traditionnelle en blocs, la seule différence étant que les joints verticaux — sauf aux angles et aux croisements — se trouvent sur la même verticale, ce qui permet la continuité de l'armature de ces joints.

FIG. 16. — Quartier de Théra respecté par le séisme.



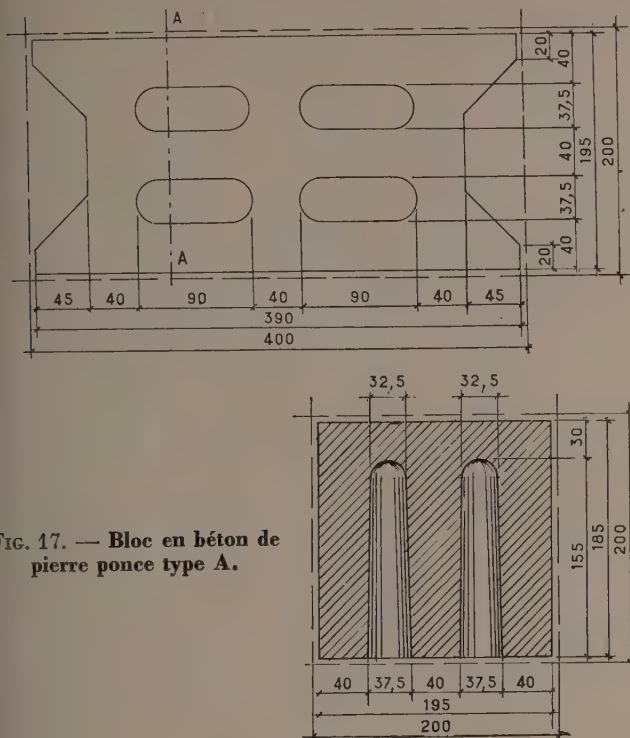


FIG. 17. — Bloc en béton de pierre ponce type A.

Ceci est bien normal quand on pense qu'en réalité il ne s'agit pas de joints, mais de petits poteaux de béton armé, étroitement liés avec les blocs formant coffrage. Les joints horizontaux sont aussi armés tous les 40 cm par une armature légère.

Pour les joints horizontaux, comme on emploie du mortier de ciment dosé à 250 kg/m³ et pour les nervures

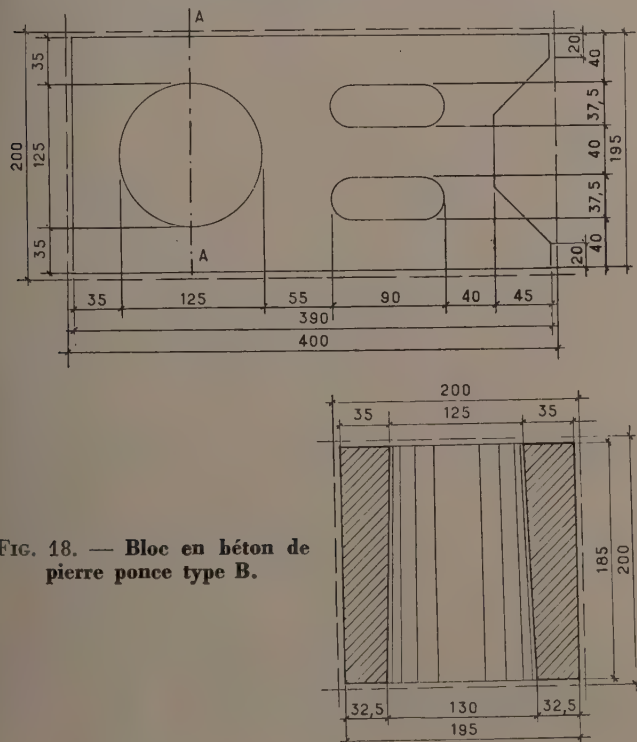


FIG. 18. — Bloc en béton de pierre ponce type B.

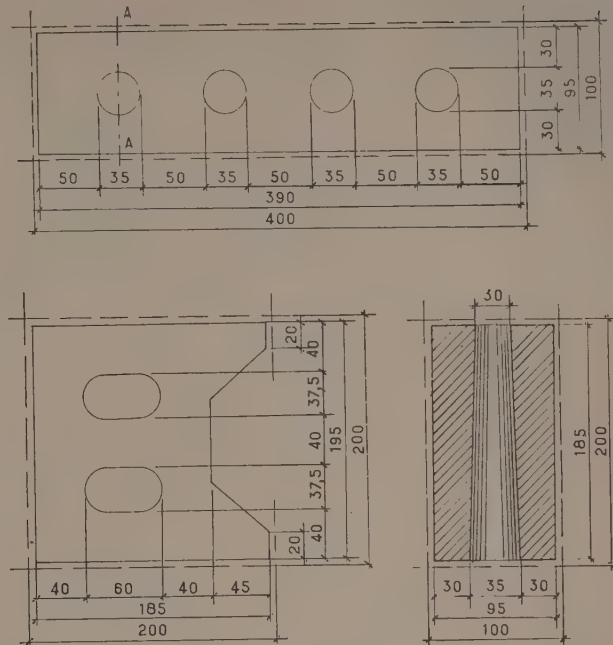


FIG. 19. — Bloc en béton de pierre ponce type C.

verticales du béton de gravillon de même dosage, l'ensemble, compte tenu de l'adhérence du béton dans les nervures, forme un mur sensiblement homogène, monolithique, armé et sans coffrage (fig. 20).

En général le calcul antiséismique montre que pour les maisons habituelles à étage une armature de 1 \varnothing 8 pour les nervures verticales, et de 1 \varnothing 6 pour les joints horizontaux est suffisante. Cette armature forme une grille continue dans le mur, et lui permet de résister aux contraintes provoquées par les forces horizontales sismiques de toute direction. En augmentant conve-

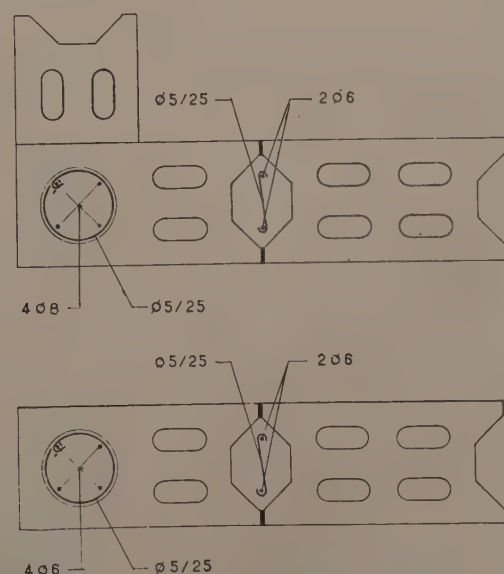


FIG. 20. — Détail d'assemblage des blocs.

nablement l'armature on peut réaliser avec le même système des maisons antiséismiques à deux étages.

La composition du béton léger pour la construction des blocs était la suivante :

- 70 % en volume de pierre ponce 5/12 cm.
- 30 % en volume de sable de mer 0/5 cm.
- 180 kg de ciment Portland par mètre cube de béton léger.

Avec cette composition, on obtient une résistance à la compression de 40 — 50 kg/cm².

A titre d'information, on peut noter les données techniques suivantes :

Poids du bloc de type A	14,6 kg
— — — B	13,5 kg
— — — C	6,6 kg
— — — D	14,0 kg

- Armature 2 à 3 kg par mètre carré de maçonnerie.
- Heures de travail pour 1 m² de maçonnerie y compris la mise en place des armatures et le remplissage des nervures en béton.

Maçon : heure 0,80

Ouvrier : heure 0,80

en disposant de main-d'œuvre de petit rendement (non qualifiée).

— Poids de la maçonnerie en blocs de pierre ponce 275 kg/m².

— Coefficient de conductibilité thermique (avec les enduits) $K = 1,26 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$.

De plus ce système s'est avéré comme le plus économique de tous les autres systèmes antiséismiques.

En ce qui concerne la construction du plafond, deux types ont été adoptés. Le plafond horizontal traditionnel en plaques de béton armé, ou la voûte semi-cylindrique en blocs D comme il a été indiqué précédemment.

La terre de Théra mélangée à la chaux a été utilisée pour les enduits extérieurs en raison de ses qualités d'imperméabilité. Néanmoins, étant donné la grande porosité de la pierre ponce et pour assurer une étanchéité parfaite la première couche d'enduit, la couche projetée, a été faite en mortier de ciment, de façon à recouvrir le mur entier. Le même enduit a été utilisé pour les voûtes et les terrasses, mais en plus grande épaisseur (3 à 4 cm). La pierre ponce en vrac a été utilisée comme isolant pour les terrasses.

Enfin, dans plusieurs cas — surtout dans les petits villages, le mortier de terre de Théra à la chaux renforcé de 100 à 150 kg de ciment par mètre cube a été utilisé comme matériau de recouvrement du plancher.

Voilà, dans ses grandes lignes la description du système de construction. Pour atteindre avec ce système une simplification plus grande, nous avons appliqué les méthodes de la coordination modulaire, non pas dans le sens d'une préfabrication poussée, mais dans le sens d'un ordre dimensionnel. Tous les plans ont été faits sur le module de base de 10 cm et sur le module de plan de 40 cm.

Les détails modulaires fixés une fois pour toutes ont servi dans toutes les constructions. Les ouvriers et les apprentis furent très vite accoutumés à la discipline qu'imposait le quadrillage de 40 cm et après quelques jours, ils mesuraient leur construction en nombre de blocs. Aucune erreur ne pouvait se produire sur la mise en place des ferrillages. Un petit morceau de bois de 40 cm suffisait pour leur donner une position impeccable.

La pratique nous a convaincus que ces petits détails de discipline dimensionnelle que l'on impose au début, se traduisent par la suite quand la cadence des travaux s'accélère, et qu'il n'est plus facile d'intervenir, par un grand nombre d'heures gagnées et une économie de peine.

Naturellement ces avantages doivent être beaucoup plus importants s'ils résultent d'un système de modularisation générale et de l'utilisation de l'industrie nationale ou encore mieux internationale, avec des systèmes de préfabrication poussés.

Une fois adopté le système de construction, il fallut faire face à sa réalisation compte tenu des difficultés mentionnées.

L'alimentation en eau était l'une des premières difficultés. Pour le gros œuvre nous avons utilisé en grande partie l'eau de mer. Une grande pompe pouvant élever l'eau de 220 m (altitude de Phira) fut installée dans cette ville. La distribution se fit par camions-citernes.

De plus un bateau-citerne faisait régulièrement le trajet Théra-Poros — pour apporter 2 000 à 3 000 t d'eau douce par mois, indispensable pour les enduits.

Nous avons aussi procédé à l'exploitation de quelques puits situés à l'est de l'île, près de la mer qui pouvaient fournir une certaine quantité d'eau légèrement salée, utilisable dans plusieurs cas. C'est cette eau que nous avons employée pour le gâchage du béton en pierre ponce utilisé dans la fabrication des blocs.

Pour les besoins futurs de l'île, des citernes collectives souterraines ont été construites dans tous les villages, en plus des citernes individuelles prévues pour chaque maison.

Les transports bien que réduits au minimum posèrent tout de même un problème. On avait besoin de 2 000 à 3 000 t de ciment par mois, plus le fer, le bois, les baraques démontables et le matériel auxiliaire qui devait servir à la reconstruction.

Nous avons employé pour ces transports des bateaux de débarquement de la marine de guerre. Ceux-ci pouvaient accoster au sud-ouest de l'île sur deux plages de sable, d'où les camions transportaient les matériaux dans tous les villages, par une artère routière, existante, que nous avons aménagée dans ce but.

Parallèlement commença la construction d'une nouvelle route et l'aménagement du petit port d'Athenios. Cette route située sur les pentes du cratère a relativement peu servi à la reconstruction par suite du temps nécessaire à son exécution et aussi parce que le port d'Athenios ne pouvait recevoir que des bateaux de petit tonnage, environ 200 à 300 t. Cette route a malgré

ont rendu de précieux services pour les transports urgents de petites quantités de matériaux.

La production des éléments de construction et notamment des blocs, a été assurée par l'installation d'une centrale de fabrication de chantier, près du point de débarquement du ciment. A cet emplacement le sable se trouvait en grandes quantités, l'eau salée était fournie par des puits près de la mer et la pierre ponce provenait soit des ressources locales, soit, par transport maritime des carrières de l'île.

Une autre usine de construction de portes et de fenêtres en série, a dû être montée à Phira.

Le problème de la main-d'œuvre qualifiée a été résolu en faisant appel à des maçons et plâtriers des îles voisines et de la Grèce méridionale.

Le rendement de cette main-d'œuvre était relativement faible si ses exigences étaient très grandes du fait des conditions de vie à Théra, surtout pendant la première période après le service. Nous avions donc besoin de renforts pour pouvoir terminer le travail entrepris dans les délais normaux.

Nous eûmes recours à l'*Institut National Royal* qui a créé une école d'apprentis maçons, plâtriers et menuisiers, de quatre cents élèves environ. Avec ces apprentis, s'adaptant très facilement à ce nouveau système de construction, du fait de sa simplicité, et la main-d'œuvre qualifiée disponible, qui augmentait sans cesse, la reconstruction a progressé au même rythme que celui qui présida à l'élaboration des plans, transports des matériaux, etc...

De plus les administrations publiques ont collaboré dans cette opération avec les unités de l'armée, qui ont assuré le déblaiement des ruines, les transports et le stockage des matériaux, la production et la distribution des agrégats, etc...

La collaboration étroite avec les unités de l'armée a donné d'excellents résultats et assuré la progression des travaux au rythme prévu.

Examinons maintenant un autre problème très important « les Études architecturales ».

En effet le point de vue esthétique de la reconstruction de Théra présentait des aspects très délicats. Il était indispensable de maintenir autant que possible la couleur locale de l'île et d'assurer en même temps aux habitants, la sécurité et l'hygiène.

Certaines régions, surtout sur les pentes du cratère, ont dû être abandonnées; de nouveaux quartiers furent créés en gardant aux villages leur uniformité et leur charme.

Une équipe d'architectes qualifiés sous la direction de M. P. Vassiliadis a élaboré les plans : plans généraux d'aménagement de terrain, plans des maisons types. Des études spéciales furent entreprises tant pour les zones jugées artistiques que pour certaines maisons pouvant être restaurées.

Pour ces dernières on procéda à une enquête détaillée de la situation proséismique avant réparation. Il s'ensuivit une étude d'architecture et de statique qui avait pour objet la conservation de tous les éléments artis-



FIG. 21. — Reconstruction.

tiques de la construction; tout en rendant cette même construction résistante aux secousses sismiques.

On peut aisément se rendre compte de l'important travail architectural réalisé qui a conservé minutieu-

FIG. 22. — Réparations à Phira.





FIG. 23. — Constructions des voûtes avec des blocs.

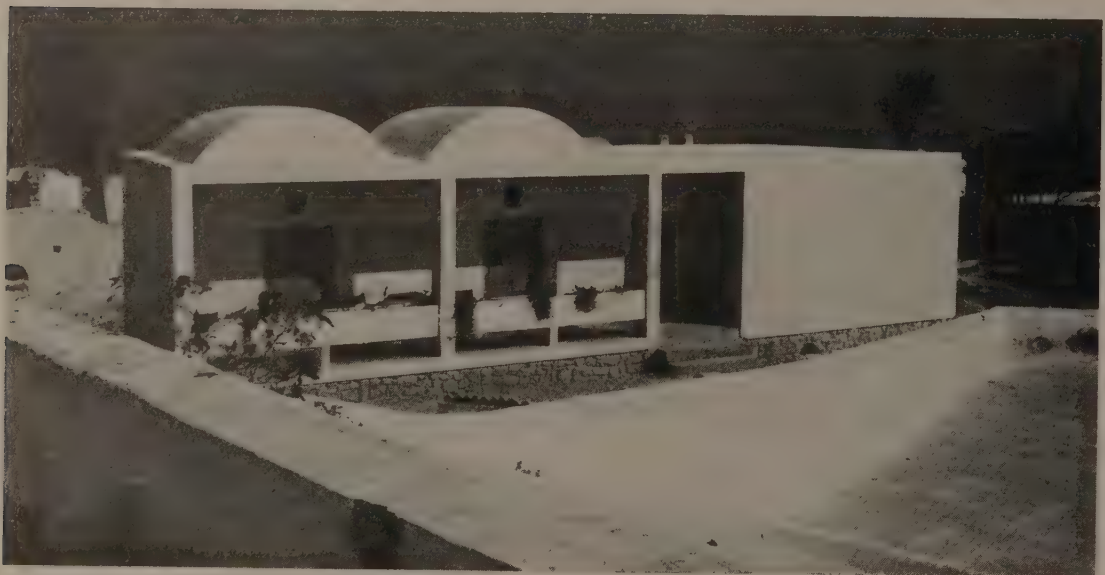


FIG. 24. — Maison type.



FIG. 25. — Maison type — Façade arrière.

sement l'art populaire de l'île résultant d'une vieille tradition de bon goût. Ce ne fut point chose facile.

Ce n'est pas à nous de juger maintenant que l'œuvre se trouve en voie de finition si nous avons réussi ou non, mais ce que nous pouvons dire avec certitude c'est que Théra n'est plus une île en ruines, que ses habitants sont aujourd'hui logés dans les conditions les meilleures d'hygiène et de sécurité (fig. 21 à 28).

Les journalistes du 9 juillet 1956 qui annonçaient

dans leurs organes de presse que Théra n'existait plus, exagéraient si l'on juge les choses avec la perspective actuelle.

Théra est bien vivante.

L'amour de ses habitants pour cette « île du diable » a été plus fort que la secousse séismique, et Théra présente aujourd'hui, un nouvel aspect souriant qui garde la fraîcheur et la beauté de ses traditions.



FIG. 26. — Groupe de maisons types.



FIG. 27. — Type de maison.

DISCUSSION

M. LE PRÉSIDENT. — Quelqu'un veut-il demander au conférencier des éclaircissements sur un point particulier ?

M. DUFURNEL. — Je voudrais demander au conférencier quelques renseignements sur les bases juridiques et financières de cette reconstruction. Je pense que c'est l'État qui a pris entièrement à sa charge cette reconstruction, mais est-ce suivant les besoins des habitants, ou suivant l'état antérieur de la construction ? A-t-on calculé ce qui était nécessaire pour loger une famille, a-t-on tenu compte de la richesse ancienne au point de vue mobilier ?

M. STATHAKIS. — C'est l'État qui a financé les travaux sous forme de prêts forfaitaires, des prêts à vingt ans et on n'a pas tenu compte de la valeur des anciennes maisons : le prêt s'élevait à 28 000 drachmes pour les villages et 35 000 pour les villes ⁽¹⁾. On a aussi tenu compte de certains secteurs qui avaient un intérêt touristique et pour ceux-là le prêt a été de 50 000 drachmes.

De plus, nous avons tenu compte du nombre de personnes de chaque famille et les prêts ont été majorés au-delà d'un certain nombre de personnes.

Au point de vue mode de construction, si cela vous intéresse, je peux vous donner les informations suivantes : l'argent était donné directement aux intéressés, mais sous le contrôle de l'État. C'était l'ingénieur de l'État qui dressait les plans pour chaque maison et qui supervisait la construction ; mais c'était le propriétaire lui-même qui avait le droit de choisir les ouvriers qui allaient s'occuper de sa maison et c'est aussi lui qui effectuait les paiements, les achats de matériaux, etc... D'ailleurs, une partie des matériaux, qui étaient transportés par l'État lui-même, étaient vendus à des prix fixes, contre remboursement.

M. DUFURNEL. — Avez-vous respecté les implantations anciennes, ou vous êtes-vous mis à côté des fondations, ou avez-vous pu réutiliser ces fondations dans certains cas ?

M. STATHAKIS. — Dans certains cas où il a été jugé possible, surtout au point de vue géologique, de conserver les anciennes fondations nous l'avons fait ; il y a même eu des cas où on a conservé une partie de la maison. Quand nous avons jugé que par un ren-

forcement, par exemple le remplacement d'une voûte qui était effondrée par une dalle plane avec des chaînages, il était possible de conserver une partie de la maison, nous l'avons fait. Généralement, nous avons essayé de conserver autant qu'il était possible de le faire, non pas par un souci d'économie, parce qu'en général ces réparations coûtaient plus cher qu'une maison neuve, mais justement pour garder, autant que possible, la couleur locale de l'île qui était pour nous une chose que nous jugions très précieuse.

Ce que nous n'avons pas pu faire en totalité, c'est garder les maisons qui étaient situées sur les pentes du cratère parce que, vraiment, nous n'avons pas osé mettre en danger des créatures humaines rien que pour respecter la beauté de la construction.

M. TUR. — Il y avait, en 1952, ou 1953, un hôtel touristique en construction. Ce nouvel hôtel a-t-il souffert ou a-t-il résisté ?

M. STATHAKIS. — Cet hôtel qui s'appelle « Atlantis », d'un nom symbolique, a très bien résisté. Il a été construit avec une ossature en béton armé assez forte ; mais nous ne pouvons pas dire que des mesures spéciales antisismiques aient été prises à son égard. Cet hôtel a très bien résisté et même il nous a beaucoup servi pendant la reconstruction de l'île.

Je dois dire seulement ceci, pour mettre les choses bien au point, que cet hôtel était situé juste au-dessus de la zone qui a été presque entièrement conservée. Donc on ne peut pas dire avec exactitude si c'est au mode de construction qu'est due la bonne conservation de l'hôtel, ou bien si c'est grâce au sol que cette construction est restée intacte.

M. LE PRÉSIDENT. — Je crois que nous pouvons remercier le conférencier pour son exposé si complet sur la reconstruction de l'île de Santorin. Il nous a montré, je crois, tous les problèmes et également — et cela n'a pas été le moins agréable — quelques aspects de cette île merveilleuse.

Je crois que celui qui n'y est pas allé ne peut en imaginer la beauté et nous devons féliciter ceux qui ont su la reconstruire en lui gardant tout son charme.

Encore une fois, M. Stathakis, merci de votre exposé.

(1). Une drachme valait 14,50 F en septembre 1958.



FIG. 28. — Nouveau village.

(Reproduction interdite.)

JUIN 1959

Douzième Année, N° 138

Série : TRAVAUX PUBLICS (58)

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES — SÉANCE DU 29 AVRIL 1958
sous la présidence de **M. C. ROQUES**,
Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées du département du Rhône



LE PONT JEAN DE LATTRE DE TASSIGNY SUR LE RHONE A LYON

et son carrefour à trois niveaux rive droite

par **MM. ROQUES** et **THIÉBAULT**,
Ingénieur en chef et Ingénieur des Ponts et Chaussées

XERCAVINS,
Ingénieur à la STUP

DUCLOT et **BLANCHET**,
Directeur général et Ingénieur de la C. L. E. T. A.

CHAMBRE SYNDICALE DES CONSTRUCTEURS EN CIMENT ARMÉ
ASSOCIATION FRANÇAISE DES PONTS ET CHARPENTES



FIG. 1. — Plan général d'aménagement routier de la région lyonnaise. État actuel du programme.

RÉSUMÉ

Après un exposé général de l'Ingénieur en chef sur le programme d'aménagement routier de la région lyonnaise permettant de situer le pont de Lattre de Tassigny et son carrefour à trois niveaux rive droite dans le cadre des travaux des quais du Rhône en plein cœur de Lyon, l'Ingénieur d'Arrondissement présente des vues d'ensemble du pont et de ses abords et expose les procédés de construction mis en œuvre au carrefour à trois niveaux.

L'Ingénieur du bureau d'études des ouvrages en béton précontraint résume ensuite les données techniques essentielles concernant les projets du tablier du pont et des dalles de franchissement des divers niveaux du carrefour.

Enfin, l'Entrepreneur donne des précisions sur les procédés de construction et de mise en place des poutres précontraintes du pont.

SUMMARY

After a general description by the Chief Engineer of the highway development program in the Lyons area involving the de Lattre de Tassigny bridge and its 3-level cross-roads on the right bank of the Rhône as part of the works on the embankment system in the heart of the city of Lyons, the Arrondissement Engineer gives general views of the bridge and approach project and describes the construction methods utilized for the 3-level cross-roads.

The prestressed concrete design firm Engineer gives then a summary of the basic technical principles governing design of the bridge deck and of the slabs utilized for the various levels of the cross-roads.

Finally, the Contractor furnishes details on fabrication and installation of the prestressed bridge girders.

EXPOSÉ DE M. ROQUES

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

J'ai tout d'abord à excuser M. l'Ingénieur en chef Rerolle qui devait présider cette conférence et qui, au dernier moment, a dû assister aux *Journées techniques de l'Association Technique de la Route*, à la Haye. Il m'a demandé de le remplacer tout en vous donnant, comme il était prévu, de rapides indications générales servant d'introduction aux exposés techniques que vous allez entendre.

Ces exposés et les projections qui les accompagneront ont trait au pont de Lattre de Tassigny et à son carrefour à trois niveaux, ouvrage important du dispositif de l'aménagement routier de la région lyonnaise.

Vous allez entendre successivement le maître d'œuvre, le bureau d'études et l'entreprise.

M. Thiebault, Ingénieur des Ponts et Chaussées, qui a dirigé ces travaux, va vous montrer deux films et vous donner un aperçu général des ouvrages et du chantier.

Ensuite, M. Xercavins, Ingénieur de la S. T. U. P. qui a calculé le pont de Lattre de Tassigny et également les dalles du carrefour d'accès, vous donnera des indications sur les problèmes particuliers qui ont été posés au bureau d'études par ces ouvrages.

Enfin, M. Duclot, Directeur Général de la C. L. E. T. A. et M. Blanchet, Ingénieur à cette même entreprise, qui a réalisé le pont de Lattre, vous préciseront l'organisation générale du chantier et les moyens mis en œuvre.

Avant de leur passer successivement la parole, je voudrais vous indiquer en très peu de mots le cadre, dans lequel cet ouvrage s'intègre.

Le plan général d'aménagement routier de la région lyonnaise (fig. 1) comporte un certain nombre d'opérations routières, dont certaines sont réalisées et d'autres en projet.

Je vous rappelle ce qui a été dit très souvent, que les problèmes routiers ont préoccupé la Municipalité de Lyon, et le département du Rhône, et l'État, dès 1935. Dès cette époque, l'État, la Ville de Lyon et le département du Rhône se sont associés pour réaliser une œuvre commune à raison de deux tiers des dépenses supportées par l'État, un sixième par la ville et un sixième par le département.

Ce programme de 1935 comportait essentiellement :

— *Un demi-axe Est-Ouest*, constitué par le tunnel sous la Croix-Rousse, un pont sur la Saône — le pont Clemenceau — et un pont sur le Rhône — le pont de Lattre de Tassigny — dont il va être question aujourd'hui ;

— *Un axe Nord-Sud*, conçu à l'origine suivant des autoroutes sur bas-port et, ultérieurement à la suite d'études comparatives, suivant un élargissement du

quai rive droite du Rhône, de façon que cet axe puisse servir utilement à la fois au transit et à la circulation urbaine beaucoup plus importante que le seul transit.

Le département du Rhône, sur ses propres deniers, mettant à profit l'existence de terrains militaires avait entrepris dès 1928 — donc avant ce programme — le boulevard de Ceinture à l'Est de l'agglomération.

Les travaux de ce programme de 1935 ont évidemment été arrêtés par la guerre. Ils ont été repris après celle-ci dès que la reconstruction des ponts dans Lyon a été assez avancée et, finalement, en 1952, lorsque le Fonds Routier a été créé et a permis à l'État de financer sa quote-part avec plus d'aisance.

On se trouvait alors dans la situation suivante :

— Boulevard de Ceinture réalisé ; depuis un certain nombre de carrefours y ont été aménagés et il en reste encore d'autres à aménager ;

— Tunnel sous la Croix-Rousse en service depuis le mois d'avril 1952 ;

— Pont Clemenceau sur la Saône en service de même depuis le mois d'avril 1952.

Par contre, rien n'avait pu encore être entrepris sur l'Axe Nord-Sud et le pont de Lattre de Tassigny. Ces deux ouvrages sont donc l'œuvre du Fonds Spécial d'Investissement Routier et des deux collectivités locales — Département du Rhône et Ville de Lyon.

À l'heure actuelle (avril 1958), la situation est la suivante :

— le pont de Lattre de Tassigny est en service depuis le 18 février 1958 ;

— le tronçon d'axe Nord-Sud entre le pont de Lattre de Tassigny et le pont de la Guillotière est en service depuis le 12 avril 1958 ; je dois ajouter que le pont de la Guillotière a été reconstruit uniquement à la charge de l'État — au titre du Fonds Routier — et a été mis en service le 21 février 1958 ;

— le tronçon d'axe Nord-Sud entre le pont de la Guillotière et le pont Gallieni est en cours d'achèvement et sera mis en service vers la fin juillet 1958 ;

— enfin, le tronçon d'axe Nord-Sud entre le pont Gallieni et le confluent des deux fleuves Saône et Rhône est en cours de chantier et le gros œuvre du mur de quai pourra en être terminé d'ici quatre mois environ.

Il reste à entreprendre la reconstruction du pont Gallieni et l'aménagement d'un important carrefour à deux niveaux sur sa rive droite ; ces deux opérations sont également prévues à frais communs entre les trois collectivités intéressées.

Voilà donc dans quel cadre général se situe le pont de Lattre de Tassigny dont il va être question par la suite.

Ce pont se trouve à la rencontre de l'axe Nord-Sud et du demi-axe Est-Ouest — pont Clemenceau-tunnel sous la Croix-Rousse — transformé du reste en axe Est-Ouest du fait de l'aménagement récent de la rue Duquesne par la Ville de Lyon.

Des échanges nombreux se font en ce point de rencontre de ces deux axes : c'est dire que le carrefour rive droite du pont de Lattre de Tassigny a dû être étudié minutieusement.

Ce carrefour est à trois niveaux. Vous savez qu'il faut quatre niveaux pour assurer à la rencontre de deux voies tous les virages à gauche sans cisaillement et sans boucle en foliole d'as de trèfle. Le carrefour rive droite du pont de Lattre de Tassigny ne présente donc pas un dispositif complet et parfait : un seul cisaillement est maintenu moyennant une boucle en foliole et l'interdiction d'un des virages à gauche. La situation de ce carrefour en pleine ville, le faible dégagement entre le tunnel et la berge du Rhône et la présence d'un important immeuble préexistant qu'on a voulu avec raison épargner ne permettaient pas de faire mieux. Quoi qu'il en soit, dès à présent, on peut dire que ce carrefour donne satisfaction, puisqu'il a pu être essayé si l'on peut dire depuis le 12 avril 1958 et spécialement pendant les dix jours de la Foire de Lyon qui, chaque année, attire énormément de monde dans cette zone.

Pour situer le niveau des circulations en ce point, je vous dirai que pendant cette période de dix jours de Foire, la circulation moyenne journalière dans le tunnel de la Croix-Rousse a été de 24 000 véhicules.

Le dernier dimanche de la Foire le 20 avril, elle a été de 32 500. Je signale en passant que le tunnel a été étudié pour 40 000 véhicules. Il a donc atteint, ce jour-là, 80 % du trafic pris comme hypothèse dans les calculs sans donner heureusement de signes de saturation.

Le pont de Lattre de Tassigny, pendant les mêmes jours de Foire, a supporté une circulation de 21 000 véhicules, soit à 12 % près celle du tunnel et le 20 avril il a supporté 28 500 véhicules. C'est dire qu'étant donné l'emplacement de la Foire de Lyon au Nord de l'agglomération, il a été, comme prévu, l'outil principal pour la liaison entre cette foire et toute la partie Ouest de l'agglomération et également pour tous les déplacements à plus longue distance venant, soit du Nord-Ouest, soit de l'Ouest.

Parallèlement, l'axe Nord-Sud se situe à un niveau légèrement inférieur pendant ces mêmes dix jours. Il a eu un trafic moyen journalier de 22 000 véhicules dans le secteur compris entre le pont Galliéri et le pont de la Guillotière, secteur où le dispositif n'était cependant pas complet; 20 500 véhicules dans le secteur central compris entre le pont de la Guillotière et le pont Morand; 19 500 entre le pont Morand et le tunnel et ensuite 14 000 au-delà du tunnel en direction de Strasbourg et de Genève.

Le pont de Lattre de Tassigny est donc bien un des ouvrages majeurs de traversée du Rhône. Ceci restera vrai les jours normaux car son niveau de trafic est alors de peu inférieur à celui du pont de la Guillotière, situé au cœur de l'agglomération : 20 000 véhicules pour 22 500 au pont de la Guillotière.

Ayant ainsi situé l'importance de cet ouvrage et de ce carrefour complexe, je passe tout de suite la parole à M. Thiebault.

EXPOSÉ DE M. THIEBAULT

Ingénieur des Ponts et Chaussées.

(L'exposé commence par la projection d'un film pris en hélicoptère le long du quai rive droite du Rhône. Cette projection, destinée à situer les travaux du pont de Lattre de Tassigny dans le cadre général des travaux d'aménagement routier de la région lyonnaise dont le programme vient d'être rappelé ci-dessus par M. Roques, est remplacée ici par une série de photographies aériennes.)

On remarque (fig. 2) :

— Le pont de Lattre de Tassigny qui franchit le Rhône face au tunnel (dont l'entrée est visible sur la droite du cliché, au pied de la colline de la Croix-Rousse);

— Le quai rive droite, élargi depuis l'ancien pont Vaïsse (passerelle suspendue dont les piles sont en cours de démolition au moment de la prise de vue) et se poursuivant vers l'aval jusqu'au pont Morand (où s'arrête le présent cliché); l'élargissement du quai à la tête rive droite du pont Morand est traité en estacade au-dessus du Rhône, de même qu'à la tête rive droite du pont de Lattre de Tassigny.

— Le quai rive gauche (sur la gauche du cliché avec le passage inférieur sur berge au droit du pont de Lattre de Tassigny, offrant ainsi à la circulation de provenance de la rive gauche amont (autoroute sur bas-port et chaussée du quai) un passage direct vers le quai rive gauche aval sans cisaillement au droit du pont.

On remarque qu'en plan, le pont et l'estacade rive droite forment un vaste T auquel est accolé le carrefour à trois niveaux inséré ainsi entre l'estacade et la tête du tunnel.

Nous reviendrons par la suite sur les caractéristiques de ces divers ouvrages.

On distingue nettement (fig. 3) les deux chaussées du quai, de part et d'autre d'une promenade centrale plantée de deux lignes d'arbres.

Avant travaux — antérieurement à 1955 (et depuis 1860) — le quai ne comportait que la chaussée côté immeubles et la promenade : la plate-forme du quai n'avait en moyenne en section courante que 29,50 m



FIG. 2. — Le pont de Lattre de Tassigny et son carrefour rive droite à trois niveaux face au tunnel sous la Croix-Rousse.
(Vue prise à l'aplomb de l'amont rive gauche.)



FIG. 3. — L'axe Nord-Sud, le long du quai rive droite du Rhône.
(Section comprise entre le pont Morand et la passerelle du Collège.)

(Photos Cuyt)

de largeur entre façades des immeubles et mur de quai limitant la promenade.

Les travaux d'élargissement du quai ont comporté essentiellement la construction en section courante d'un nouveau mur de quai à 15,50 m en avant du mur de quai existant, ce qui a permis de porter la largeur moyenne de la plate-forme de 29,50 m à 45 m et d'implanter une nouvelle chaussée côté Rhône. Cette emprise sur le lit du fleuve a été possible du fait de la démolition du pont Vaïsse et de l'ancien pont de la Guillotière, permettant de supprimer les importants seuils sous fluviaux constitués par les massifs de fondation en enrochements de ces deux ouvrages.

Afin de ne pas réduire le débouché du Rhône au droit des ponts, l'élargissement du quai est traité en estacade sur 90 m environ de part et d'autre de chaque tête de pont rencontré et le mur de quai est défecté vers l'arrière pour être raccordé à la culée du pont.

Le quai rive droite du Rhône dans sa traversée du centre de Lyon, entre le carrefour de sortie Rhône du tunnel sous la Croix-Rousse et le pont Gallieni, comporte donc désormais deux chaussées à sens unique de chacune trois voies de circulation plus une file de stationnement, ces deux chaussées étant séparées par l'ancienne promenade transformée en parking par les soins de la Ville de Lyon.

Le long du Rhône, en crête du nouveau mur de quai, est établi un trottoir de 5 m de large planté d'une ligne de plantation : on aperçoit sur la figure 4 cette nouvelle plantation formée de jeunes sujets provenant de transplantements.

On distingue nettement l'estacade de tête rive droite du pont Lafayette. Les travaux de dalles de jonction entre estacade en béton armé et tablier du pont métal-

lique sont en cours ; dès que ces travaux seront terminés, la chaussée côté Rhône sera reprise et s'incurvera vers l'estacade au lieu de se défecter vers le centre du carrefour comme en situation provisoire en cours de chantier.

Remplaçant avantageusement le vieux pont de la Guillotière qu'il a fallu démolir pour des raisons de sécurité, étant donné sa vétusté, le nouveau pont de la Guillotière (fig. 5) franchit le Rhône au même endroit que le vieux pont par un tablier de 30 m de largeur dont 21 m de chaussée — soit trois voies de 3,50 m dans chaque sens — et deux trottoirs de 4,50 m.

Ce pont, dont le projet est dû au *Service Central d'Études Techniques*, comporte trois poutres caissons métalliques continues de 58,70 m-88,05 m-58,70 m — solidarisées par une membrure supérieure régnant sur toute la largeur de l'ouvrage et traitée en dalle orthotrope avec couverture en béton armé d'épaisseur très réduite (7 cm) portant une chaussée en béton bitumineux.

Le carrefour de tête rive droite du pont comporte un passage inférieur en trémie le long du quai, assurant ainsi un écoulement continu au trafic de l'axe Nord-Sud.

Le carrefour de tête rive gauche est traité en giratoire, les piétons empruntant le centre du rond-point par des passages inférieurs sous chaussées.

Le pont et les abords rive gauche sont l'œuvre exclusive de l'État au titre de la reconstruction des ouvrages vétustes — alors que les abords rive droite font partie du programme d'aménagement routier de la région lyonnaise au même titre que l'axe Nord-Sud et que le pont de Lattre de Tassigny, avec participation des Collectivités locales à raison d'un tiers des dépenses, l'État prenant en charge les deux tiers restants.

Après avoir ainsi situé le pont de Lattre de Tassigny dans son cadre naturel du quai rive droite du Rhône, nous nous proposons maintenant de porter plus en détail notre attention sur le pont et son carrefour rive droite (fig. 6).



(Photo Cuyll)

FIG. 4. — L'axe Nord-Sud, le long du quai rive droite du Rhône.

(Section encadrant la tête du pont Lafayette jusqu'à la passerelle du Collège à l'amont.)

FIG. 5. — Le nouveau pont de la Guillotière.



(Photo Cuyt)



(Cliché Pauzet)

FIG. 6. — Le pont de Lattre de Tassigny et le carrefour rive droite. Vue d'amont.

On retrouve le pont avec, sur la droite de la figure, le carrefour à trois niveaux le long de l'estacade et, sur la gauche, la travée d'accès rive gauche enjambant le passage inférieur sur berge (fig. 7).

Cet ouvrage résulte d'un concours.

La solution la plus économique parmi les nombreux projets reçus — béton armé, béton précontraint, métal et constructions mixtes acier-béton armé — s'est avérée être la solution qui a été réalisée (béton précontraint système Freyssinet suivant projet préparé par la STUP et exécuté par la CLETA).

Le pont proprement dit est un ouvrage à trois travées indépendantes de portées identiques (52 m) et de hauteur constante (2,50 m). Les exposés ultérieurs donnent de plus amples détails sur le tablier.

Vu l'importance relative de la largeur totale de l'ouvrage (25 m), les piles en rivière ont été éléguées sous forme de deux fûts couronnés d'un chevrete.

Le pont est muni d'un garde-corps provisoire en bois, qui sera remplacé ultérieurement par un garde-corps métallique définitif.

On reconnaît sur la gauche de la figure 8 le pont de Lattre de Tassigny et l'estacade rive droite, tels qu'ils apparaissent plus complètement sur la figure 6.

A l'arrière-plan, on reconnaît l'axe Nord-Sud avec ses deux chaussées l'une sens Nord-Sud vers le centre

ville le long des immeubles, l'autre sens Sud-Nord le long du Rhône ; entre ces deux chaussées et sur le côté de la chaussée Nord-Sud la sortie de la trémie profonde venant du niveau inférieur du carrefour et dont il va être question par la suite.

Le tunnel sous la Croix-Rousse se trouve sur la droite, hors du cliché.

On voit nettement apparaître les trois niveaux du carrefour :

Niveau supérieur. Voies pont-tunnel et tunnel-pont.

Niveau intermédiaire (au niveau du quai).

— Voie tunnel axe Nord-Sud cachée sur ce cliché par la voie du tunnel-pont, mais visible nettement sur la vue d'aval (fig. 14).

— Voie axe Nord-Sud-tunnel, apparaissant sur la droite entre les deux voies du niveau supérieur.

— Voie axe Nord-Sud-quai Nord, longeant l'estacade rive droite amont et en contre-bas de celle-ci.

Ces deux dernières voies forment en plan une sorte de bifurcation venant de la chaussée sens Sud-Nord de l'axe Nord-Sud et se divisant en un virage à gauche vers le tunnel et un prolongement en ligne droite vers le quai Nord.

Niveau inférieur. Voie à sens unique Nord-Sud, assurant le passage en trémie du quai Nord à l'axe Nord-Sud.



FIG. 7. — Le pont de Lattre de Tassigny vu de l'estacade rive droite amont.

sans cisaillement sous la voie axe Nord-Sud-tunnel : le virage à gauche du quai vers le tunnel se fait ainsi de manière continue, sans gêne entraînée par les véhicules venant du Nord et descendant en ville.

Les possibilités d'échange entre les divers niveaux se reconnaissent aisément :

— Entre niveau supérieur et niveau intermédiaire (liaisons pont-quai et vice-versa) on dispose des deux branches de l'estacade.

— Entre niveau supérieur et niveau inférieur (liaison pont-axe Nord-Sud vers le Sud) on dispose d'une foliole de raccordement de la voie pont-tunnel à l'entrée de la trémie profonde.

On note, ainsi qu'il a été déjà indiqué, qu'il n'y a pas possibilité d'aller du quai Nord au pont : le virage à gauche quai-pont est impossible, la possibilité de franchissement du Rhône étant reportée aux deux ouvrages encadrant le pont de Lattre de Tassigny — pont de la Boucle à l'amont et pont Morand à l'aval —.

La circulation en provenance du quai Nord et à destination du tunnel passe en bordure des immeubles le long d'un délaissé en forme de triangle où la Ville de Lyon a aménagé un parking. Les riverains désireux de se rendre en ville par l'axe Nord-Sud empruntent un

petit by-pass de raccordement à la foliole pont-trémie profonde (au droit de la voiture empruntant cette foliole sur le cliché).

Les ouvrages saillants de ce carrefour en sont la trémie profonde et les dalles de couverture des différents niveaux. Ces dalles devant faire l'objet d'une partie de l'exposé de M. Xercavins, nous reportons notre attention tout spécialement sur la trémie profonde.

La chaussée passant au niveau inférieur du carrefour a une largeur de 10,50 m entre bajoyers de trémie à l'aval de la foliole pont-axe Nord-Sud ; cette chaussée comporte ainsi trois voies dont une en surlargeur sur la droite destinée à faciliter l'injection du trafic venant du pont. Les butte-roues bordant la chaussée ayant 0,75 m de largeur, la largeur libre entre bajoyers est de 12 m.

En profil en long, la chaussée passant au niveau inférieur présente :

- A la descente, une inflexion à 8 % de pente,
- A la remontée, une inflexion à 5,7 % de pente, la courbure variant de manière continue en doucines de M. Caquot, et ayant :
- Au point haut, au minimum 900 m de rayon,
- Au point bas, au minimum 300 m de rayon.



FIG. 8. — Le carrefour rive droite vu d'amont du Nord.

L'expérience prouve que ces caractéristiques conviennent très bien à un ouvrage urbain du type de celui réalisé; grâce au tracé en doucines en profil en long, se trouve éliminée toute sensation désagréable de « coup de raquette » au passage en trémie.

Le point bas de la chaussée est à la cote 162,40 — soit à 5,92 m en-dessous du niveau des plus hautes eaux connues (P. H. E. C. 168,32) — et à 0,90 m au-dessus de l'étiage (161,50).

Afin d'assurer une exploitation de la chaussée du niveau inférieur indépendante des fluctuations du niveau des eaux du Rhône, le radier et les bajoyers de la trémie sont munis d'un cuvelage assurant l'étanchéité jusqu'aux plus hautes eaux connues. Cette étanchéité est constituée par un complexe bitumineux multicouches classique placé sur la surface extérieure des bajoyers et du radier, l'ensemble bajoyers-radier étant autostable vis-à-vis des sous-pressions de la nappe.

Le point bas du radier est à la cote 160,55 — soit 0,95 m sous étiage et 7,77 m sous les P.H.E.C. — Le radier a ainsi, au droit du point bas, une épaisseur totale de 1,85 m (chaussée comprise), ce qui a permis d'y loger des alvéoles de recueille des eaux pluviales et de lavage des chaussées présentant au total une capacité d'emménagement suffisante pour laisser le temps voulu aux dispositifs d'éjection des eaux d'inter-

FIG. 9. — Exécution des fouilles du carrefour de sortie Rhône du tunnel sous la Croix-Rousse.

(Vue du chantier de terrassement en septembre 1955.)

venir en cas d'orage exceptionnel (l'orage le plus violent connu à Lyon correspond sensiblement à deux fois la pluie Belgrand) : ces eaux sont colligées dans un puisard établi le long de la trémie à 1,35 m en contre-bas du point bas, d'où elles sont ensuite refoulées au Rhône par un dispositif d'aéroéjecteurs assurant l'exhaure au-delà de la cote 168,32 (P.H.E.C.).

Afin de permettre la mise en place à sec du complexe d'étanchéité — donc de pouvoir épuiser, ceci sans risque de porter atteinte aux fondations des immeubles riverains — on

FIG. 10. — Construction de la trémie profonde du carrefour de sortie Rhône du tunnel sous la Croix-Rousse.

(État d'avancement du chantier en mars 1956.)

a établi un sous-radier de construction en bécé immergé complété latéralement de contre-bajoyer de construction sur lesquels on est venu dérouler la chape multicouche. L'ensemble sous-radier et contre bajoyers a été dimensionné de telle sorte qu'il soit autostable vis-à-vis des sous pressions résultant d'un niveau des eaux non dépassé trois cents jours en année moyenne : au point bas de la trémie le sous-radier ainsi une épaisseur de 1,80 m, ce qui fait que la coté inférieure des fouilles atteint une profondeur de 10,50 m sous le niveau du quai avant travaux.

Après avoir exécuté la purge du sous-sol en matière de canalisations des divers Services Publics en déplaçant ces canalisations préalablement hors de l'emprise de fouilles, les terrassements sont entrepris en grand (fig. 9).



On remarque les rideaux latéraux de palplanches limitant les fouilles. Les terrassements se font à sec à l'époque, la cote du fond de fouille n'ayant pas encore atteint le niveau de la nappe; mais bientôt, il faudra continuer en fouille immergé sous 2 à 3 m d'eau dans la partie basse de la trémie (fig. 10).

Le chantier du pont en est à la fin des travaux d'infrastructure et on procède à la mise en place des premiers coffrages de la partie centrale de l'estacade.

Les rideaux de palplanches latéraux sont étré sillonnés en tête pour

FIG. 11. — Construction du carrefour de sortie Rhône du tunnel sous la Croix-Rousse.
(État d'avancement du chantier en mars 1957.)

assurer leur stabilité; le sous-radier et les contre-bajoyers de construction sont en place et on procède, à l'avancement, à la mise en place de l'étanchéité et à la construction plot par plot du radier en béton armé.

Parallèlement, les chantiers du pont et de l'estacade se poursuivent activement (fig. 11).

La trémie profonde est en service; la circulation y est provisoirement autorisée à double sens, ce qui permet de libérer des sujétions de circulation, tout le centre du carrefour face à la sortie du tunnel, les échanges

FIG. 12. — Construction du carrefour de sortie Rhône du tunnel sous la Croix-Rousse.
(État d'avancement du chantier en septembre 1957.)

Vue prise d'au-dessus de la sortie du tunnel.

entre tunnel et quai ayant été reportés vers l'amont dans un petit carrefour giratoire provisoire qu'on distingue clairement au premier plan.

On procède à la construction des dalles de couverture de la trémie et des murs de soutènement des voies supérieures du carrefour.

Parallèlement, les travaux de gros œuvre du pont et de l'estacade sont pratiquement terminés et on attaque les travaux de finition.

On distingue nettement sur la figure 12 le tablier du pont de Lattre de Tassigny et l'escatade rive droite.

FIG. 13. — Dernière phase des travaux de construction du carrefour de sortie Rhône du tunnel sous la Croix-Rousse.
(État d'avancement du chantier en mars 1958.)



(Clichés Poutel)

L'activité du chantier se porte principalement sur le centre du carrefour : le gros œuvre des dalles de couverture au niveau supérieur vient d'être achevé ; il reste à relier ces ouvrages au tunnel en construisant les voies d'accès à celui-ci, pendant que se poursuivront les travaux de finition.

Aménagement de la partie amont du chantier, avec construction de la chaussée le long des immeubles (voie quai Nord-tunnel) (fig. 13).

Le pont de Lattre de Tassigny est en service depuis le 18 février 1958 et les voies du niveau supérieur sont achevées.

La construction de la voie quai Sud-quai Nord le long de l'estacade et en contre-bas de celle-ci se poursuit activement, la circulation dans ce sens empruntant encore la trémie profonde.

L'ensemble des voies du carrefour sera prêt pour la Foire Internationale qui ouvre ses portes le 12 avril 1958. Il ne restera plus que quelques travaux de finition, notamment l'aménagement par les soins du Service des Cultures de la Ville de Lyon, du parking amont et d'une aire de verdure à l'intérieur de la foliole pont-trémie profonde.

L'entrée du tunnel se trouve sur la gauche de la figure 14, hors des limites de celui-ci.

On distingue nettement les trois niveaux :

— *Le niveau supérieur*, au niveau du pont, et assurant les liaisons avec le tunnel ;

— *Le niveau intermédiaire*, le long du quai avec le virage à gauche direct vers le tunnel et la voie venant du tunnel le long de laquelle est établie un parking en surlargeur ;

— *Le niveau inférieur*, passant en trémie sous la voie d'accès au tunnel.

Le transit des piétons dans le carrefour est assuré :

— Le long des immeubles du quai, par un passage souterrain établi à la tête du tunnel, rétablissant ainsi la continuité du trottoir le long des façades riveraines ;

— Du quai au pont de Lattre de Tassigny par un passage souterrain sous la chaussée tunnel-axe Nord-Sud avec un accès au niveau supérieur du carrefour par un escalier qu'on distingue en bordure gauche du cliché, le long du mur de soutènement des voies du niveau supérieur.

Pour conclure, mentionnons parmi les nombreuses entreprises ayant mené à bien ces travaux les plus marquantes, qui sont les suivantes :



(Cliché Pautet)

FIG. 14. — Le carrefour de sortie Rhône du tunnel sous la Croix-Rousse vu de l'aval rive droite.

I. PONT DE LATTRE DE TASSIGNY

Infrastructure.

— Piles et culées, piliers d'appui de l'estacade rive droite : *Entreprise Joya-Chabert* 5, boulevard Honoré-de-Balzac, Villeurbanne (Rhône).

— Culée rive gauche : *Entreprise Joya-Chabert* 5, boulevard Honoré-de-Balzac, Villeurbanne (Rhône); *Entreprise Touveron et Cie* 47, rue du Commandant-Charcot, Lyon; conjoints et solidaires.

— Mur de quai rive droite, formant appui arrière de l'estacade rive droite : *Entreprise Borie*, 2, place Antonin-Perrin, Lyon; *Entreprises Courbot*, 161, route de Paris, Amfreville-la-Mivoie (Seine-Maritime); *Entreprise Joya-Chabert*, 5, boulevard Honoré-de-Balzac, Villeurbanne (Rhône).

Superstructure.

— Projet dressé par la STUP, 62, rue Spontini, Paris (16^e) et exécuté par la CLETA, 2, avenue Leclerc, Lyon, les études d'exécution ayant été menées tant par le Bureau d'Études CLETA que par le Bureau CLET, 25, rue du Commandant-Faurax, Lyon.

— Chaussée en béton bitumineux : *Société chimique de la Route*, 52, rue Ferdinand-Buisson, Lyon, Vaise.

— Trottoirs asphaltés : *Société S. A. P. E. C.* 56, rue de Baraban, Lyon (3^e).

II. ABORDS RIVE GAUCHE

— Études d'exécution : *Bureau Clet*, 25, rue du Commandant-Faurax, Lyon.

— Gros œuvre de la tête de pont rive gauche : CLETA, 2, avenue Leclerc, Lyon.

— Mur de quai amont et plate-forme d'autoroute sur bas-port : *Entreprise Borie*, 2, place Antonin-Perrin, Lyon.

— Canalisations et drainage : *Entreprise Maia*, 36, rue Sainte-Anne-de-Baraban, Lyon.

— Chaussée en béton bitumineux : *Société des Mines de Bitume et d'Asphalte du Centre*, 56, boulevard Marcel-Sembat, Venissieux (Rhône).

— Trottoirs asphaltés : *Les Asphalteurs Réunis*, 124, rue des Culattes, Lyon (7^e).

III. CARREFOUR A TROIS NIVEAUX RIVE DROITE

— Études d'exécution, *Bureau Clet*, 25, rue du Commandant-Faurax, Lyon.

— Gros œuvre, *Entreprise Borie*, 2, place Antonin-Perrin, Lyon.

— Dalles de couverture des différents niveaux : Projet dressé par la STUP et exécuté par l'*Entreprise Borie*.

— Chaussées : Pavages : *Entreprise Monin*, 29, rue Jules-Vallès, Villeurbanne (Rhône); Béton bitumineux, *Société Chimique de la Route*, 52, rue Ferdinand-Buisson, Lyon-Vaise.

— Trottoirs : *Entreprise Maia*, 36, rue Sainte-Anne-de-Baraban, Lyon (3^e); *Entreprise Touveron et Cie*, 47, rue du Commandant Charcot, Lyon.

— Asphaltage : *Entreprise S. A. P. E. C.* 56, rue de Baraban, Lyon (7^e).

IV. FOURNITURES DE PIERRES DE TAILLES ET MOELLONS

— Pont Infrastructure : *Entreprise Bertholet*, Romaneche-la-Montagne (Ain). *Entreprise Lucien Morel*, Sault-Brenaz (Ain).

Superstructure : *Entreprise Maurice Morel*, Montalieu (Isère).

— Abords R. G. : *Entreprise Bertholet*, Romaneche-la-Montagne (Ain); *Entreprise Lucien Morel*, Sault-Brenaz (Ain); *Entreprise Maurice Morel*, Montalieu (Isère); *Entreprise Guinet et Cie*, 11, quai G^{al} Sarraill, Lyon; *Entreprise Derriaz*, Montalieu, (Isère).

— Carrefour R. D. : *Entreprise Fèvre*, 10, rue Lincoln. Paris (8^e); *Entreprise Maurice Morel*, Montalieu (Isère),

V. SIGNALISATION : PANNEAUX DIRECTIONNELS

Entreprise Laporte, 2, bis, rue des Petites-Sœurs. Lyon (3^e).

VI. TRAVAUX VILLE DE LYON

(Travaux divers de finitions, notamment éclairage et signalisation lumineuse, aménagement du parking amont, aménagement des jardins et massifs.)

— Services Techniques de la Ville de Lyon : M. Gsell, Ingénieur en Chef.

— Service des Cultures : M. Chabert, Directeur du Service.

Enfin, nous tenons à réserver une mention spéciale à l'Ingénieur T. P. E. Subdivisionnaire de notre Service qui a été chargé de l'ensemble de ces travaux, M. Boissonnet, assisté de MM. Peyrard et Jafflin, Adjointes Techniques, ainsi qu'à leurs collègues du bureau d'études de l'Arrondissement, MM. Dufour, Ingénieur T. P. E. et Baud, Adjoint Technique et à M. Reignier, Ingénieur T. P. E., Chef de bureau de l'Ingénieur en Chef, dont la compétence en matière administrative nous a été des plus précieuses.

EXPOSÉ DE M. XERCAVINS

Ingénieur à la STUP

L'ouvrage principal de franchissement du Rhône constituant le pont de Lattre de Tassigny proprement dit comporte un tablier de conception maintenant classique : il comprend trois travées indépendantes de 52 m de portée, réalisées pour chacune d'elles au moyen de douze poutres en béton précontraint de 2,50 m de hauteur.

Les particularités de cet ouvrage résidant essentiellement dans son exécution, nous ne mentionnons ici que ses caractéristiques essentielles résumées schématiquement sur la figure 15.

Les tabliers de l'estacade rive droite, également précontraints, comportent des poutres transversales de portée variable s'appuyant côté Rhône sur des poutres de rive de 32 et 18 m de longueur. Signalons que la précontrainte des poutres transversales a permis de réduire très sensiblement les moments de torsion auxquels auraient été soumises les poutres de rive dans une solution ne comportant pas de précontrainte. Les tabliers des ouvrages annexes sont tous réalisés en dalles précontraintes, solution s'accommodant au mieux des formes irrégulières et des hauteurs réduites imposées par l'enchevêtrement des voies de circulation.

Tous les tabliers reposent sur leurs appuis par l'intermédiaire d'appuis en néoprène fretté.

Le carrefour rive droite, à trois niveaux, comporte une dalle unique au niveau de la trémie moyenne (dalle D), et en couverture un ensemble de trois dalles A, B, C, dont on voit l'imbrication sur la figure 16.

Le découpage du niveau supérieur entre les trois dalles résulte des considérations suivantes :

La forme complexe de la dalle C avait conduit à l'isoler du reste de la couverture, en prévoyant une dalle sensi-

blement trapezoïdale, et deux dalles rectangulaires. La limite entre la zone B et la zone C était a priori arbitraire, elle résulte de l'étude de stabilité de la zone C, étude qui nous a conduits à l'étendre du côté de la dalle B afin d'améliorer les conditions d'appui sur l'angle des deux murs de soutènement. On a toutefois conservé un joint afin de ne pas accroître inutilement l'importance du système le plus complexe.

La zone A, située entre deux ouvrages réalisés antérieurement : estacade-dalle C, devait être préfabriquée afin de réaliser la précontrainte complète avant pose des éléments dont les abouts sont inaccessibles après mise en place. La dalle A, de 13 m de portée, 40 m de largeur et 0,48 m d'épaisseur, a donc été réalisée en bandes de 1 m de largeur, assemblées par précontrainte transversale au moyen de câbles enfilés après pose des éléments.

Toutes les autres dalles sont coulées en place.

Les dalles D et B, sensiblement rectangulaires, ont une portée voisine de 13 m; l'épaisseur de la structure porteuse est également de 0,48 m uniformément comme pour la dalle A; les profils à réaliser en intrados étant obtenus par des recharges d'épaisseur variable.

Les proportions de la dalle C sont visibles sur la figure 17; la grande base du trapèze mesurant sensiblement 37 m pour une épaisseur disponible variable entre 0,85 m et 0,45 m, il était indispensable d'utiliser au mieux l'appui intermédiaire possible, constitué par l'angle des deux murs de soutènement. La grande rigidité de cet appui, joint au fait que c'est en son voisinage qu'on disposait de l'épaisseur maximum, nous a conduits à prévoir l'encastrement de la dalle en cette région.

Le système ainsi réalisé ne pouvant être calculé de façon précise, il fut décidé de procéder à des essais.

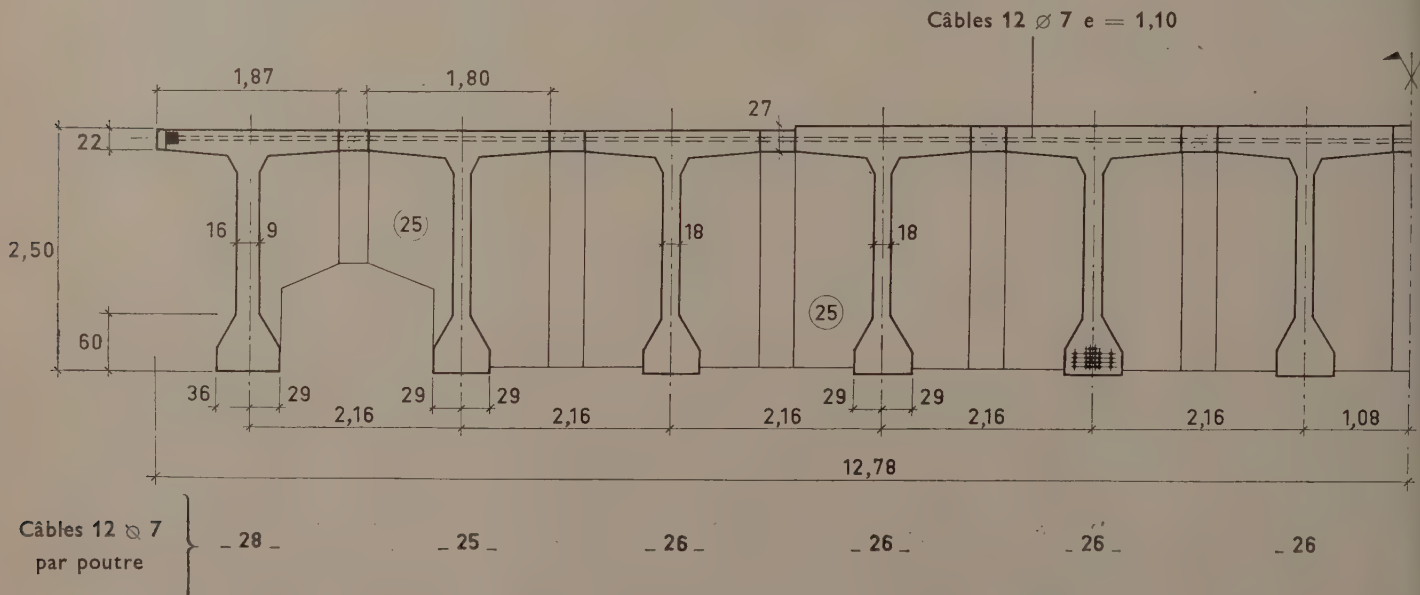
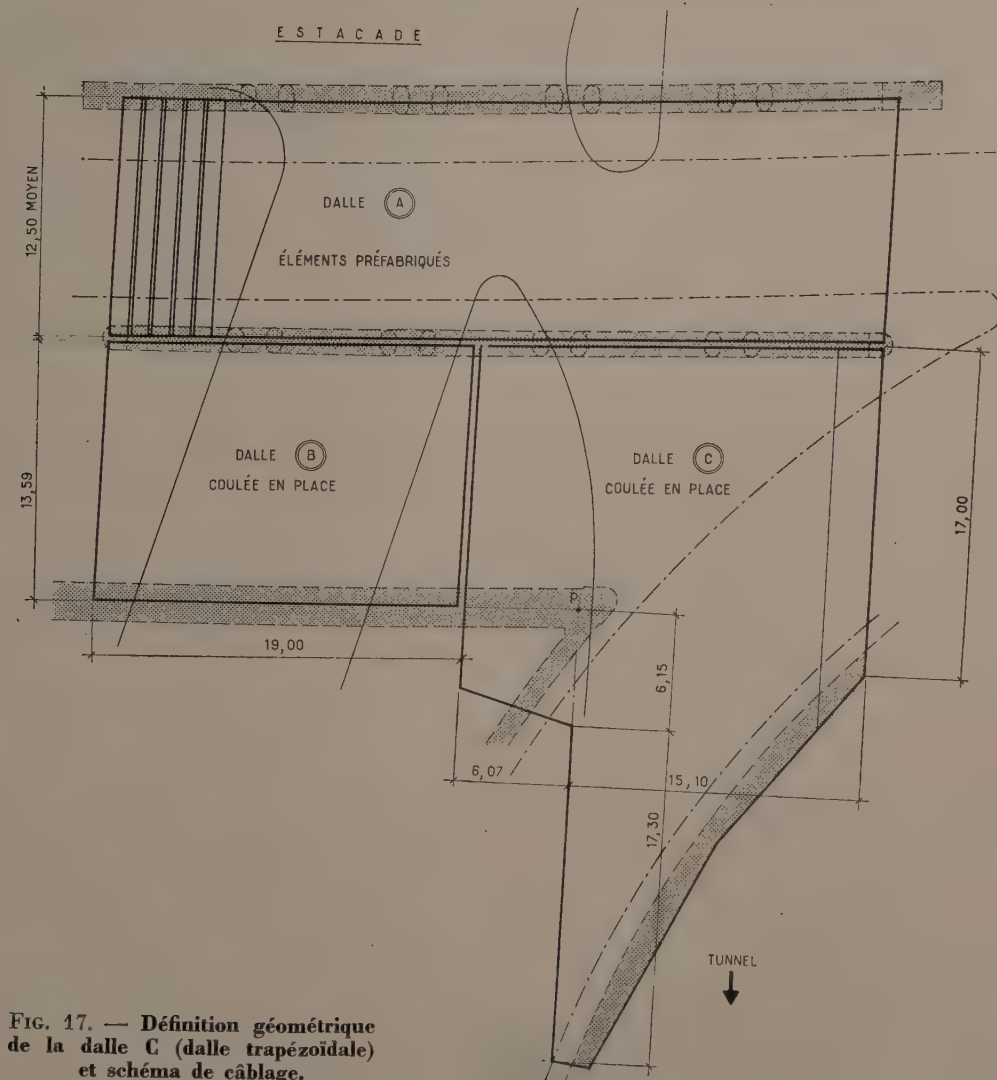
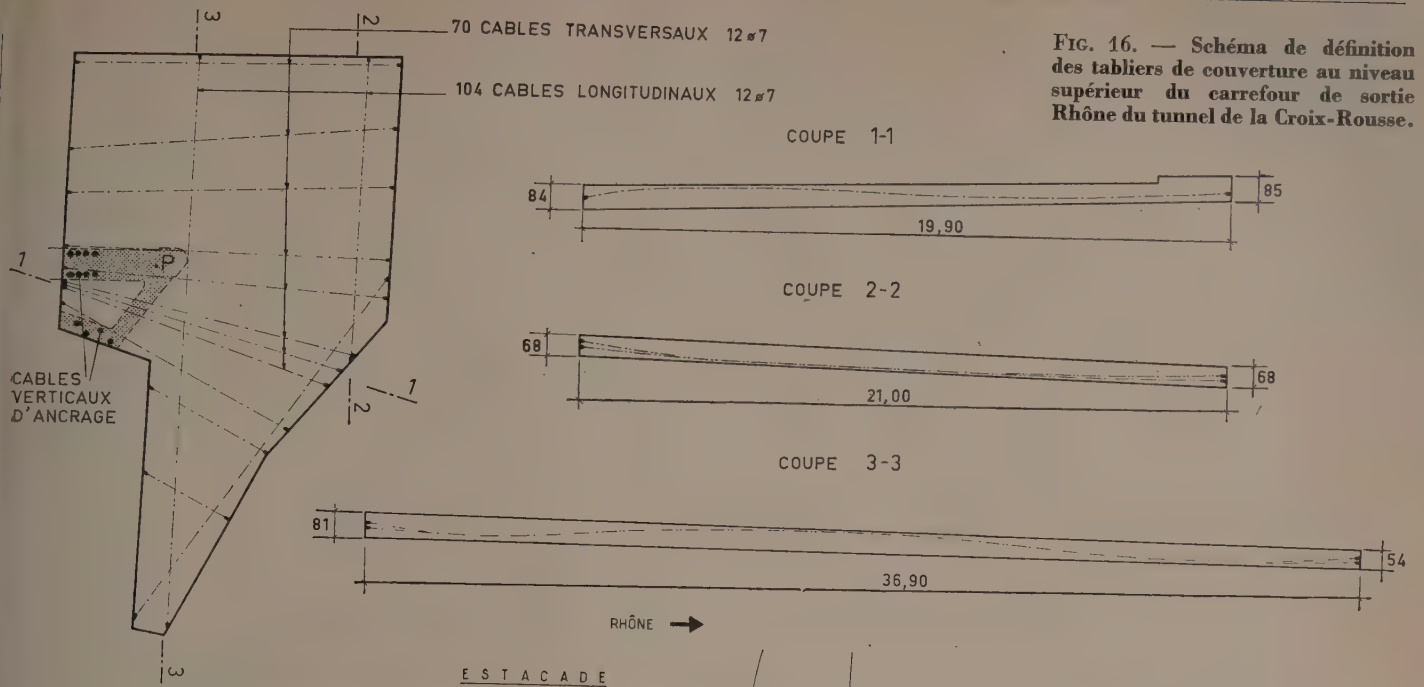


FIG. 15. — Demi-coupe transversale schématique de la poutraison du tablier du pont de Lattre de Tassigny.



On pouvait envisager ceux-ci de deux façons différentes :

1° Recherche, sur modèle, des contraintes sous différentes sollicitations.

2° Épreuve directe d'un modèle réduit précontraint.

La première solution ne permet d'explorer que la phase élastique. D'autre part, en vue de la détermination de la précontrainte dont l'effet comporte des éléments hyperstatiques dans de tels systèmes, il est nécessaire de prévoir des cas de charge faisant intervenir non seulement des charges verticales, mais des efforts et des couples en bord de dalle. Faute de réaliser des essais suffisamment complets, le dimensionnement qui néglige les termes hyperstatiques de la précontrainte, perd toute sa rigueur.

La seconde solution, qui donne des indications globales sur la sécurité réelle de l'ouvrage projeté, nécessite le dimensionnement préalable de celui-ci.

Cette seconde méthode nous ayant paru préférable, nous avons été conduits à imaginer un schéma de fonctionnement de la dalle permettant le dimensionnement de la précontrainte; les formes de béton étant imposées par les gabarits.

Ce schéma est le suivant :

Nous appelons sens longitudinal de la dalle C le sens parallèle aux bords libres; sens transversal, le sens perpendiculaire, bandes et câbles rayonnants, les bandes de béton et câbles transversaux partant de l'encastrement (point P) en direction de la bande aval ou de la ligne d'appui curviligne côté tunnel.

L'élément porteur principal est constitué par un ensemble de bandes rayonnant à partir de P (encastrement) appuyé sur la ligne d'appui curviligne côté tunnel et sur la bande longitudinale aval : bande de portée réduite à 17 m environ, dont la raideur est accrue grâce à la saillie du trottoir incorporé à l'ossature portante.

Cet ensemble de bandes — en forme de segments trapézoïdaux — de 12 à 15 m de portée, sert d'appui intermédiaire aux bandes longitudinales, de portée beaucoup plus grande : 20 à 35 m.

La figure 17 montre le principe du câblage résultant du découpage de la dalle en ces deux réseaux porteurs : les câbles rayonnants (coupe 1-1), les câbles longitudinaux de la bande aval (coupe 2-2-), les câbles longitudinaux des autres bandes (coupe 3-3) dont le tracé varie continuellement entre celui de poutres sur deux appuis simples à celui de poutres continues à deux travées.

Nous avons prévu de plus trois câbles le long de l'appui curviligne et douze câbles verticaux pour réaliser l'encastrement de la dalle sur le pilier d'angle.

Réalisation de la maquette.

Nous avons adopté l'échelle de 1/8 afin de pouvoir respecter au mieux les conditions d'homothétie.

L'épaisseur de la maquette variable de 6 à 10 cm environ a conduit à la réalisation d'un micro-béton dont les éléments les plus gros avaient 5 mm, présentant une

résistance de 400 kg/cm² comparable à celle du béton mis en œuvre dans les différentes dalles. Les câbles de 12 fils \varnothing 7 mm (encombrement de gaine : 42 mm) ont été remplacés par des fils \varnothing 5 mm disposés un par un sous gaine en plastique de 7 mm. Cette disposition ne permettant pas l'injection des armatures conduit à une réduction systématique du moment de rupture observé sur la maquette vis-à-vis du moment de rupture de l'ouvrage.

Compte tenu de la charge de rupture prévue, de l'ordre de 6 t/m², le chargement par poids mort aurait rendu difficile l'observation des fissures en extrados, à l'encastrement. Nous avons prévu en conséquence un chargement par vérins disposés en quatorze points répartis sur la dalle. Chaque vérin, s'appuyant sur la dalle par l'intermédiaire d'une plaque de répartition de 15 x 15 cm tirait sur un fil en acier dur \varnothing 7 mm ancré dans une sous-dalle de fondation (fig. 18).



FIG. 18. — Construction de la maquette au 1/8 de la dalle C.

Cette méthode de chargement permet la multiplication rapide des essais et évite toute rupture brutale.

Dans la réalisation de modèles réduits, le poids propre est réduit dans le rapport de similitude alors que la capacité portante, par unité de surface, est conservée. Pour une maquette précontrainte, dont la stabilité à vide nécessite l'existence de charges permanentes données, il convient de compenser la réduction de poids propre par l'exécution d'une surcharge simultanément à l'application de la précontrainte.

Essais.

En appelant p et s les charges permanentes et les surcharges pour lesquelles l'ouvrage a été prévu, on a réalisé successivement les cas de charges suivants :

1. Chargements uniformes.

0,9 p .

$p + 2 s$ par palier, puis retour à p .

Détension d'une fraction des fils longitudinaux

$p + 3 s$.

Retension des fils longitudinaux, précédemment détendus, déchargement.

2. Chargements concentrés.

En prenant pour s l'équivalent du char de 100 t, on a chargé à $p + 2,5 s$, s étant appliqué successivement en trois points de la dalle.

Au cours de tous les essais, on a mesuré les flèches au $1/20$ de mm et observé l'allure de la fissuration. Des jauges électriques avaient été disposées afin de faciliter cette observation.

Les valeurs de s prises en compte, comprenant également le poids des superstructures, sont les suivantes :

- Sur la chaussée : 1,440 t/m²
- Sur le trottoir amont : 0,860 t/m²
- Sur le trottoir aval : 0,640 t/m².

Charge à 0,9 p.

Ce cas de charge, destiné à mettre éventuellement en évidence un excès de précontrainte à vide, n'a donné lieu à aucune observation.

Charge à $p + 2 s$.

La première fissuration, révélée par les jauges au droit de l'encastrement sous $p + 1,2 s$, n'a été visible que sous surcharges doublées.

A la suite de ce premier essai, on a détendu sept fils longitudinaux sur trente-six, aucune fissure n'ayant été constatée perpendiculairement à ce câblage.

Charge à $p + 3 s$.

La fissure d'appui est restée seule visible jusqu'à une charge de $p + 2,5 s$, charge sous laquelle est apparue une fissuration brutale d'intrados.

L'aspect de la fissuration est visible sur la figure 19,

Malgré la retension de sept fils longitudinaux, les fissures sont restées ouvertes, même après retour à p .

Charges concentrées.

Celles-ci, réalisées avec l'équivalent d'un char de 100 t, multiplié par 2,5, soit 250 t, réparties sur un carré de $\frac{1,20}{8} = 0,15$ m n'ont donné lieu à aucune observation spéciale, en dépit de la fissuration étendue réalisée par les essais antérieurs.

On n'a pas constaté de désordre dans les zones comprimées sous l'un quelconque des chargements réalisés, ni de fissuration d'effort tranchant, bien que celui-ci atteigne des valeurs importantes au voisinage de l'encastrement, valeurs difficiles à évaluer correctement.

Les résultats de ces essais ayant été jugés satisfaisants, on procéda à l'exécution de la dalle en conservant le câblage prévu, simplement corrigé de façon proportionnelle à l'épaisseur définitive de l'ouvrage, épaisseur légèrement modifiée en certains endroits par suite de changements intervenus dans les superstructures.

La figure 20 donne une vue d'ensemble du câblage de la maquette de la dalle C et partant une vue d'ensemble du câblage de la dalle C.

Le caractère très particulier de cet ouvrage ne permet pas de tirer des essais faits un enseignement numérique directement utilisable pour d'autres réalisations; nous pensons que le comportement de la maquette montre cependant l'excellence de la sécurité offerte par une dalle précontrainte, quelle qu'en soit la forme, sécurité qui permet de s'affranchir du calcul élastique, sous réserve de l'adoption d'un schéma de fonctionnement transmettant bien tous les efforts envisagés.

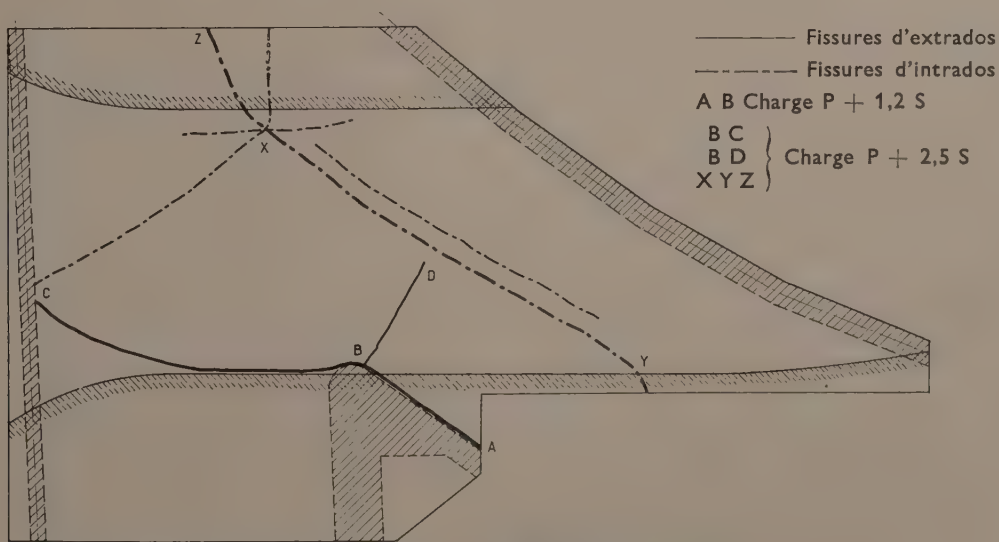
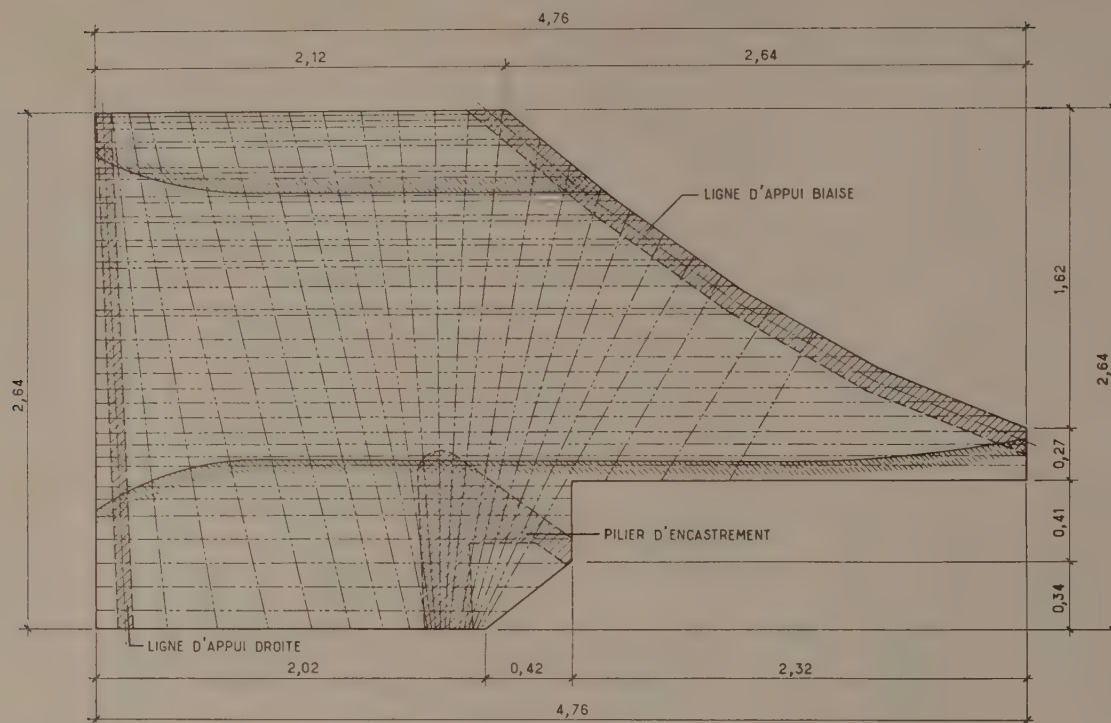


FIG. 19. — Relevé schématique de la fissuration de la maquette de la dalle C.

FIG. 20. — Câblage de la maquette de la dalle C.



EXPOSÉ DE M. DUCLOT

Directeur Général de la Cie Lyonnaise d'Entreprises et Travaux d'Art.

Organisation générale du chantier et moyens mis en œuvre pour la construction de la superstructure du pont de Lattre de Tassigny.

En raison de la nécessité de s'insérer correctement dans le développement de l'ensemble de cette conférence, nous ne donnerons ici que les caractéristiques essentielles ou particulières de l'exécution de l'ouvrage, lesquelles ont été dictées, et par les impératifs dus à son emplacement, et par la recherche de la simplicité et de sûreté d'exécution.

Cette recherche s'allie ensuite, ipso facto, à l'obtention du rythme optimum et du meilleur rendement.

Installation de chantier.

La mise en place des artifices d'exécution et des matériaux a été assurée par un blondin desservant le voisinage immédiat du plan vertical contenant l'axe longitudinal de l'ouvrage. Des considérations de circulation sur les voies urbaines adjacentes et d'enchevêtrement des travaux successifs interdisaient, en effet, l'utilisation d'ancrages latéraux pour un appareil oscillant, ou l'emploi d'un engin à pylônes porteurs mobiles transversalement.

De cela est résulté que les poutres principales du pont, mises en place définitive par ripage, ont été préparées et réalisées pour chacune des trois travées dans l'étroite zone desservie par le blondin.

Le plan axial de leur confection n'a été en effet distant que de 40 cm du plan médian de l'ouvrage, et cela vers l'amont pour la travée centrale, et vers l'aval pour chaque travée de rive. Ce décalage provenait de la nécessité d'avoir, notamment pour les mises en tension, des abouts de poutres déportés en plan les uns par rapport aux autres.

Les trois fonds de coffrage des poutres des trois travées (fig. 22), de même que les étroites passerelles latérales de service, étaient appuyées sur des traverses en poutrelles, elles-mêmes portées par des poutres longitudinales triangulaires mixtes (fer et bois).

Ces poutres s'appuyaient, dans chaque travée, contre les faces des piles et sur des palées en bois fichées dans le lit du fleuve (fig. 23).

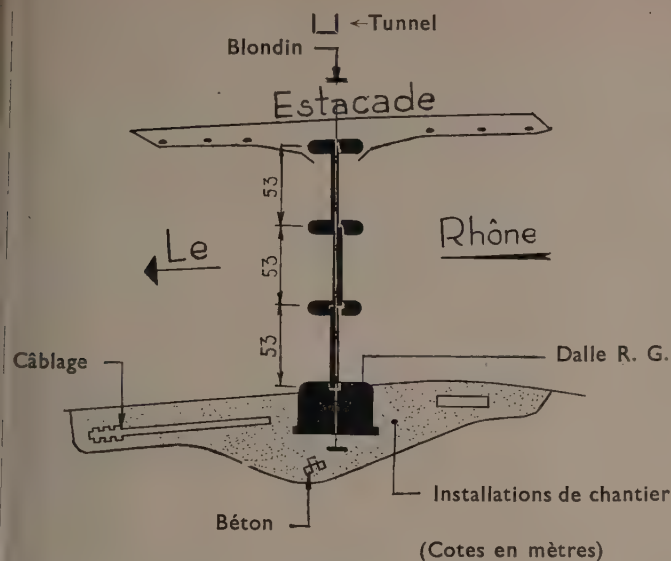


FIG. 21. — Schéma de l'installation de chantier de construction du pont.

Les palées, relativement frêles pour un fleuve tel que le Rhône, étaient simplement protégées à l'amont et offraient un faible obstacle au courant.

Bétonnage.

La centrale de bétonnage, emplantée rive gauche, sous le blondin, permettait le coulage d'une poutre de 65 m³ environ dans un poste de neuf heures.

La vitesse d'avancement du bétonnage qui était dirigé vers une seule extrémité de la poutre était donc en moyenne de 6 m à l'heure.

En dépit de la hauteur de la poutre (2,50 m), cette vitesse devait en effet être suffisante pour que :

- la vibration du béton, effectuée essentiellement par les coffrages, d'une part;

- les déformations élastiques subies par le système de support, d'autre part, n'affectent le béton que dans un état parfaitement plastique, cette condition étant essentielle.

Le rythme de fabrication prévu pour quatre poutres par mois s'est élevé à six poutres par mois.

Le béton, lié avec du ciment 250/315 VICAT type S. N. C. F. à faible fissurabilité, a donné aux essais à l'écrasement une moyenne de résistance de :

360 kg/cm ²	à 7 jours
420 —	à 28 jours
480 —	à 90 jours

Les résistances maxima ont été de l'ordre de 605 kg à 90 jours.

Nous devons signaler ici les précautions prises pour éviter les « effets de feston » aux parties inférieures



FIG. 22. — Mise en place des fonds de coffrage des poutres. (État du chantier le 2 août 1955.)



FIG. 23. — Fabrication des poutres sur les fonds de coffrage. (État du chantier le 25 octobre 1955.)



(Clichés Pavet)

FIG. 24. — Vue d'ensemble d'aval du chantier du pont. (État du chantier le 15 novembre 1955.)

des poutres, effets dus aux flèches et à la rigidité des appuis intermédiaires. Cet inconvénient a pu être correctement éliminé par des calages de correction appropriés sous les fonds de poutres.

Nous devons signaler aussi que, étant donné le nombre important de câbles unitaires dans le volume restreint du talon des poutres, la vibration a dû être assez poussée. On s'est cependant rapidement aperçu que l'on devait savoir la limiter pour éviter un essorage de l'eau par les moindres interstices.

Câbles.

Au sujet des câbles (enveloppés sous gaine Manurhin) il est agréable de signaler que, étant donné les précautions prises pour les couronnes d'acier dur 7 mm, emballées d'ailleurs pour le transport, les précautions prises pour le câblage et la mise en tension, on n'a pas eu, en dépit de la longueur de la majorité des câbles, à décompter une seule rupture de fils.

Cela pour plus de 250 t, soit environ 835 km de fil utilisé.

L'honneur en revient aux projeteurs, à l'Administration des Ponts et Chaussées qui, sur les indications de M. l'Ingénieur Thiebault, a préalablement fait effectuer des essais méthodiques sur fils de grande longueur, à ses représentants sur les travaux, MM. Boissonnet et Peyrard, qui ont porté une attention soutenue à ces questions, au fournisseur, et aussi aux exécutants parmi lesquels nous citerons M. André Cuny, Conducteur de travaux, et M. Denat, Chef des chantiers de l'Entreprise.

Coffrage et ripage.

Deux solutions originales ont été apportées sur ce chantier : aux problèmes du coffrage et à celui du ripage des poutres.

Coffrages.

En ce qui concerne les coffrages, ils étaient constitués par des tronçons de toute la hauteur des poutres en tôle de 6 mm et de 3 m de longueur. En serrant le fond de poutre à leur partie basse, ils épousaient ses formes latérales et les amorces d'entretoises.

Leur raidissement était opéré par simples appuis sur un système de montants directeurs verticaux assujettissant des poutrelles longitudinales, la vibration de mise en place du béton n'affectant pratiquement pas le système raidisseur.

Un ensemble de coffrage correspondant à deux faces latérales d'une poutre était en action, tandis que les opérations de câblage et de ferrailage s'effectuaient contre les tôles offrant une demi-face de la poutre à couler ensuite.

Le décoffrage s'effectuait par basculement autour de l'arête inférieure.

Ripage.

En ce qui concerne le ripage effectué par glissement bois sur tôle avec interposition de suif, avec prise d'appui pour l'effort sur des goujons placés à la demande (dans des trous ménagés à l'avance dans les piles), il ne demande que des déplacements verticaux très réduits, des efforts modérés et presque statiques et implique une grande sûreté d'exécution.

M. Blanchet, Ingénieur, Chef des études de C.L.E.T.A., va donner ensuite plus d'explications sur le principe et sur l'application de deux procédés originaux concernant le coffrage d'une part, le ripage d'autre part, dont l'application peut connaître une extension non négligeable.

Auparavant, il est de notre devoir d'adresser à l'Administration des Ponts et Chaussées du Rhône, depuis ses Ingénieurs en Chef, MM. Rerolle et Roques, son Ingénieur, M. Thiebault, jusqu'à ses moindres collaborateurs, nos remerciements pour la compréhension qui a présidé à l'aide technique et morale qui nous a été apportée.

Nos remerciements vont de même à la S.T.U.P. et à ses techniciens, à M. Avon, Ingénieur, qui l'a représentée sur le chantier dans la première partie des travaux, à M. l'Inspecteur Général Freyssinet qui s'est penché en personne sur les problèmes qui se posaient, et à M. Lebel, dont les conseils autorisés ont été particulièrement précieux.

Nous tenons, par ailleurs, à mentionner spécialement le Bureau CLET de Lyon, qui a poursuivi sur le plan local la mise au point de l'étude faite par la S.T.U.P.

EXPOSÉ DE M. BLANCHET

Ingénieur à la Cie Lyonnaise d'Entreprises et Travaux d'Art.

Parmi les différentes solutions que l'entrepreneur s'efforce toujours d'imaginer pour faciliter son travail et pour abaisser le coût de la construction, il a été adopté, sur le chantier du pont de Lattre de Tassigny, deux procédés nouveaux qui sont d'un intérêt suffisamment général pour mériter quelques instants l'attention.

Il s'agit du mode de coffrage des poutres principales et du dispositif employé pour le ripage de ces poutres, depuis la passerelle de fabrication jusqu'à leur emplacement définitif.

COFFRAGE

Les trente six poutres principales en forme de T qui constituent le tablier du pont, bien que légèrement différentes les unes des autres, pouvaient, en fait, être obtenues à partir d'un seul moule dont la conception devait, par suite, commander de façon essentielle l'avancement et l'économie de la construction.

Difficultés.

Pour respecter le programme, il fallait fabriquer une poutre par semaine, ce qui imposait soit un coffrage métallique perfectionné à rotation rapide, soit plusieurs coffrages.

Outre l'économie, ce sont des considérations techniques sur la nécessité d'une vibration très poussée et la qualité des parements qui nous ont amenés à choisir la première solution.

Cependant les solutions apportées par les constructeurs spécialistes ne nous donnaient pas satisfaction pour plusieurs raisons essentielles :

- 1° la conception trop ouvragée écartant toute possibilité de récupération ou de réemploi ;
- 2° la vulnérabilité au ciment des assemblages trop mécaniques ;
- 3° l'excès, et en même temps le défaut de rigidité, l'un dans le plan vertical s'opposant aux déformations

nécessaires, l'autre dans le plan horizontal gênant le réglage.

Nous avons donc estimé qu'il fallait étudier nous-mêmes le problème du coffrage, et nous l'avons fait, non seulement en ayant en vue de remédier aux défauts signalés, mais encore afin d'apporter les perfectionnements complémentaires qui nous paraissaient souhaitables pour améliorer la rapidité de mise en œuvre, l'efficacité de la vibration et la facilité de démoulage.

La solution imaginée satisfait bien à l'ensemble de ces données qui ne sont pas, comme on pourrait le penser, totalement incompatibles ; à l'usage, nos espérances n'ont pas été déçues, bien au contraire (fig. 25).

Conception.

Ce qui fait l'originalité du coffrage employé, c'est l'indépendance totale des tôles qui le constituent et des raidisseurs sur lesquels elles s'appuient. Les avantages recherchés découlent de cette conception, sans qu'il en résulte le moindre inconvénient.

Tous les raidisseurs sont horizontaux et par conséquent rectilignes, ce qui permet de les constituer économiquement par des profilés normaux.

Les seules pièces spéciales sont constituées par des montants verticaux destinés à maintenir les raidisseurs suivant le profil de la poutre. Mais, étant donné la possibilité d'obtenir économiquement une grande raideur longitudinale, ces montants peuvent être espacés et par suite peu nombreux.

La vibration appliquée directement aux tôles, par l'intermédiaire de poutrelles U soudées contre elles, n'affecte pas le reste de l'ossature : elle est donc très efficace.

Les tôles de 6 mm d'épaisseur simplement pliées se façonnent aisément ; elles donnent des parements bien dressés de belle qualité.

Détails de construction.

L'assujettissement des raidisseurs sur les montants est obtenu de façon rudimentaire, mais très efficace, au moyen de coins en bois dur. Les raidisseurs supportant la table de compression sont assemblés deux par deux par des traverses soudées et simplement posées sur les montants ; des butées empêchent leur glissement et leur soulèvement.

Le maintien des tôles avant bétonnage est assuré à la base par serrage contre le fond de moule en bois, et au sommet par des étriers d'assujettissement amovibles.

La poussée du béton est absorbée par des tirants qui relient deux à deux les montants en regard. L'un de

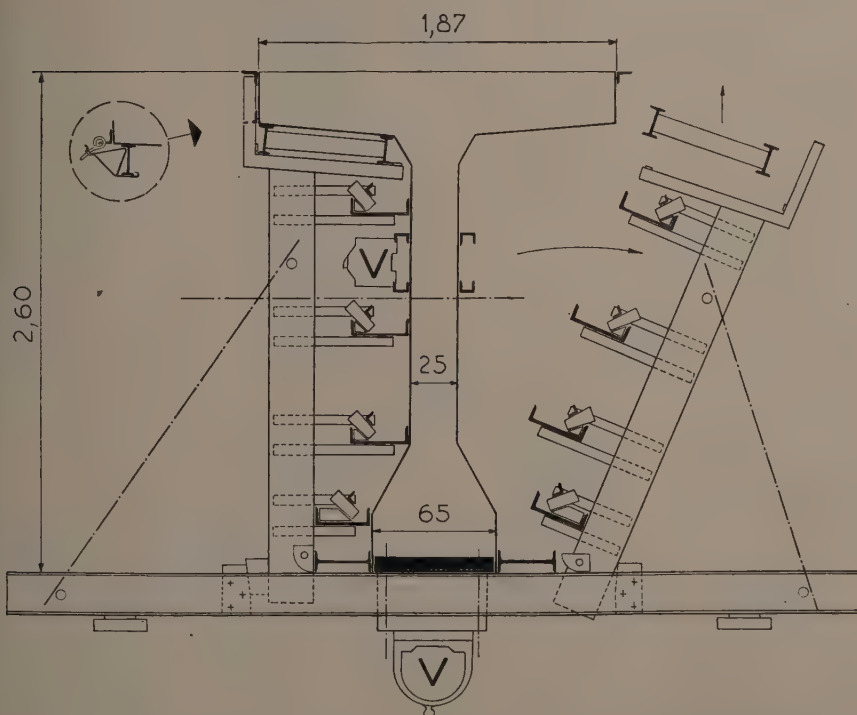


FIG. 25. — Schéma de coffrage des poutres du pont.

ces tirants est constitué par deux poutrelles du plate-lage, et l'autre par une tige filetée traversant l'âme de la poutre.

Le fond de moule en bois est simplement posé sur les poutrelles transversales. Il est lié aux vibrateurs par l'intermédiaire de boulons et de calage qui lui assurent une indépendance totale de mouvement dans le plan vertical. Latéralement, son immobilité est obtenue par le coincement des montants.

Décoffrage.

Les montants s'appuient à leur base sur des comes dont le profil est étudié pour provoquer, lors du décoffrage, un premier mouvement dégageant les angles supérieurs. Ce premier mouvement terminé, l'ossature peut être basculée sans gêne et transportée, en entier ou par parties, à son nouveau lieu d'emploi.

Lors du basculement de l'ossature, la tôle reste collée au béton, ce qui s'avère pratique pour l'enlèvement des raidisseurs. Le moment venu, le décollage se fait très facilement en raison même de la souplesse de la tôle qui se détache progressivement de haut en bas sans effort appréciable. L'effet de ventouse, généralement très gênant avec les coffrages métalliques, est ici totalement supprimé.

Réglage.

Le réglage vertical du coffrage et son maintien pendant la mise en place des câbles et des armatures, se fait par des contrefiches réglables en tubes.

Le réglage d'alignement est facilité par les poutrelles horizontales qui assurent la continuité des différents panneaux en tôle.

Joints.

Tous les 3 m, un joint de 2 cm entre ces panneaux confère au coffrage une déformabilité suffisante pour lui permettre, durant le bétonnage, de suivre les mouvements de son support. L'étanchéité est obtenue par de simples couvre-joints de 2 mm d'épaisseur assujettis par des boulons.

Le moule métallique ainsi constitué pèse 57 t, soit environ 15 % de plus qu'un moule classique bien étudié mais cependant moins rigide. Malgré cela il est moins onéreux, car une moitié de son poids est constituée par des poutrelles sans façonnage, et l'autre moitié par des éléments lourds peu ouvragés. Outre les avantages déjà mentionnés, et si l'on tient compte de la valeur de récupération ou de réemploi, il apparaît donc comme étant, en plus, très économique.

RIPAGE DES POUTRES

Difficultés.

Une opération de ripage est toujours théoriquement très simple, mais en fait elle est le plus souvent longue et délicate, car :

1° on passe beaucoup de temps à mettre en place des chariots ou des rouleaux ;

2° la stabilité d'une pièce très lourde n'est jamais bonne sur des appareils roulants, car dans les conditions généralement réalisées ces appareils ont une tendance fâcheuse à se déplacer par saccades.

Principe.

Pour aller vite les déplacements verticaux doivent être limités à la course des vérins, car ce sont les reprises qui sont longues.

Pour la simplicité et la sécurité, il vaut mieux avoir recours au glissement qu'au roulage.

Ces deux principes conduisent au système employé au pont de Latre de Tassigny.

Dispositif de glissement.

Le dispositif de glissement utilise un des plus faibles coefficients de frottement connu : celui du bois graissé sur fer (fig. 26).

Il comprend essentiellement un patin de chêne suifé dont l'épaisseur de quelques centimètres est déterminée en fonction des considérations de place disponible, de niveau des appareils d'appui et de hauteur des obstacles à franchir.

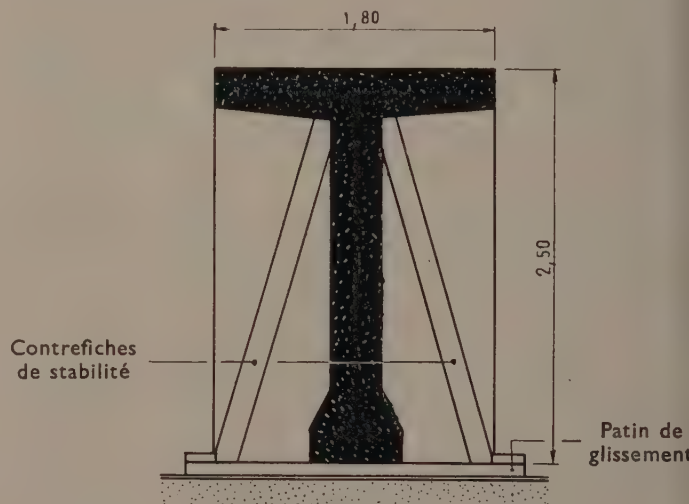


FIG. 26. — Schéma du dispositif de glissement.

Pendant son déplacement, la poutre a sa stabilité assurée en permanence par deux contrefiches qui prennent appui sur ce patin.

Le chemin de ripage est constitué par un large plat de 400 × 10 mm posé sur la pile à bain de mortier.

En raison de la faible hauteur de l'appareil de glissement, les poutres peuvent être placées dessus en une seule manœuvre au vérin.

Levage.

Pour le levage des poutres ou leur descente sur les appareils d'appui après ripage, les vérins prennent appui sur des prolongements en bois aux amorces d'entretoises. Ces prolongements provisoires sont rapportés par serrage, au moyen de tiges filetées qui empruntent les trous de passage des câbles d'entretoisement. L'effet de serrage provoque entre bois et béton les forces de frottement nécessaire et confère par précontrainte aux amorces d'entretoise en béton une résistance compatible avec les efforts de levage pour lesquels elles ne sont pas conçues (fig. 27).

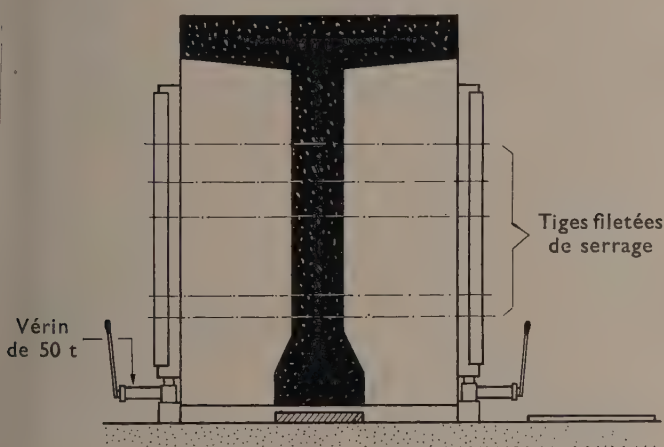


FIG. 27. — Dispositif de levage.

Les deux vérins qui lèvent une extrémité de la poutre sont suffisamment espacés pour assurer, en cours de manutention, une excellente stabilité transversale. Par sécurité, on ne lève qu'une extrémité à la fois, l'autre étant étayée soit sur la pile, soit sur son patin de ripage.

Déplacement.

L'opération de déplacement se fait à chaque extrémité au moyen d'un vérin qui prend appui sur le sommier en béton. Des trous cylindriques, prévus à cet effet pour recevoir des goujons métalliques, sont ménagés au moment du bétonnage des piles. Un dispositif relai, constitué d'une poutrelle UPN de 300 mm percée à intervalles réguliers de trous pour le passage des goujons, permet de reporter l'effort du vérin au sommier (fig. 28). Les intervalles des trous sur le relai et sur la pile sont respectivement égaux à la course du vérin et à cinq fois cette course. Il s'ensuit que le déplacement des appareils pendant le ripage se réduit au décalage du relai tous les 20 cm et au déplacement d'un goujon tous les mètres.

Les vérins de levage ou de descente trouvent leur place dans le plan des appareils d'appui sans cepen-

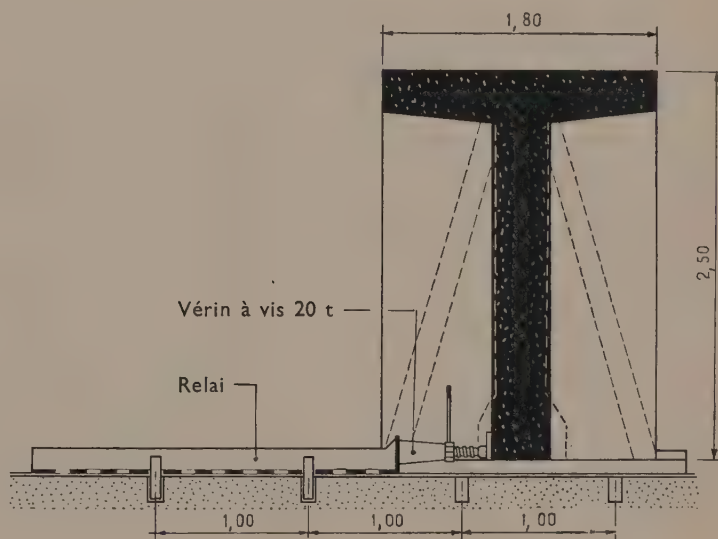


FIG. 28. — Dispositif de poussée.

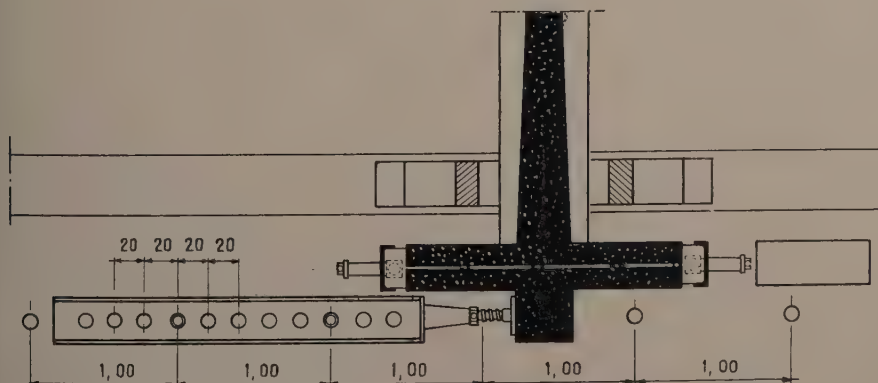


FIG. 29. — Plan du ripage des poutres.

dant gêner la mise en place de ces derniers. Le chemin de glissement se situe en avant de la zone des appuis et le dispositif de poussée en arrière de cette zone. Il y a donc une indépendance totale dans la mise en place des différents appareils, ce qui simplifie de façon intéressante les manipulations (fig. 29).

La vitesse effectivement réalisée par une équipe de quatre hommes travaillant au déplacement des poutres de 160 t est en moyenne de 1 m à l'heure.

Les avantages incontestables retirés de l'emploi de ces procédés lors de la construction du pont de Lattre de Tassigny, montrent leur intérêt. Cet intérêt est assez général, car ils peuvent s'appliquer avec profit à de

nombreux ouvrages similaires, et en particulier aux ponts en béton précontraint du type à poutres droites indépendantes auxquels ils apportent une solution simple à deux problèmes pratiques importants.

DISCUSSION

M. ROQUES. — Si vous le voulez bien, nous allons tout de suite, avant de passer à la discussion, vous présenter deux films relatifs à la dalle C, le film de la maquette et le film de l'exécution de la dalle C elle-même dont vous a parlé en détail M. XERCAVINS.

(projection de deux films)

Je pense que je serai votre interprète en remerciant vivement les différents conférenciers; chacun a souligné les problèmes particuliers posés par ces ouvrages.

M. THIEBAULT a justifié la nécessité d'un ouvrage un peu insolite à trois niveaux en pleine ville.

M. XERCAVINS vous a parlé d'une dalle de forme compliquée, qui n'a pas donné lieu à une note de calcul, mais à un essai sur modèle qui, je dois le dire, a confirmé les prévisions du bureau d'études.

Du côté de l'entreprise, M. DUCLOT et M. BLANCHET vous ont indiqué, d'une façon très précise et très claire, les deux progrès — je crois qu'il faut bien employer le mot « progrès » — qui ont été réalisés à l'occasion de cet ouvrage en matière de coffrage et en matière de ripage de poutres de poids élevé.

En matière de coffrage, j'ai le souvenir qu'il y a quelques mois M. FREYSSINET avait signalé les inconvénients des coffrages très rigides qui arrivaient à provoquer des fissures entre âmes et semelles. Avec votre système, M. DUCLOT, cet écueil était évité à coup sûr.

M. BLANCHET a insisté, je crois avec bonheur, sur la façon dont a été conduit le ripage des poutres — poutres de 175 t environ — dont le ripage vraiment n'a donné lieu à absolument aucun incident grâce à un glissement à la place d'un roulement. J'ai personnellement le souvenir d'un certain ripage de cintre où le roulement se transformait en un laminage du chemin de roulement par les rouleaux et vraiment ce n'était pas beau à voir.

Je n'aurai garde d'oublier dans mes remerciements le commentateur des films, M. BOISSONNET, Ingénieur T. P. E., qui a dirigé ce chantier et qui, fatigué, n'est malheureusement pas là ce soir. Ses explications étaient imagées et très claires.

Si vous avez une question à poser, soit à l'entrepreneur, soit au bureau d'étude, soit à l'Ingénieur de l'Administration, je crois qu'ils se feront un plaisir de vous répondre.

M. LEBELLE. — N'avez-vous pas utilisé des dispositions assez spéciales pour les joints de dilatation?

M. THIEBAULT. — Vous voulez parler des joints de chaussée? C'est un problème toujours très délicat, spécialement en ville. Nous désirions réaliser deux conditions essentielles à notre point de vue, d'une part, avoir des joints silencieux, ne faisant pas de bruit à chaque passage de véhicule (ce point a son importance quand on pense aux gens qui dorment dans les immeubles riverains, particu-

lièrement l'été à l'époque où on laisse les fenêtres ouvertes) et d'autre part, obtenir des joints qui soient étanches pour éviter des traces de coulée en parements aux appuis.

Nous avons employé un système de joints qui, jusqu'à maintenant, donne d'excellents résultats. Le joint comporte, comme tout joint classique, deux cornières qui se font face et qui sont ancrées dans le béton de la dalle; ces cornières portent à leur face supérieure des goujons filetés placés en quinconce permettant d'assujettir une plaque d'acier sur chaque cornière et de serrer entre cornière et plaque une feuille de caoutchouc synthétique de 10 mm d'épaisseur régnant de cornière à cornière. Entre les deux plaques se faisant face au-dessus du caoutchouc, on peut venir remplir l'interstice par un produit plastique.

L'ensemble est à la fois parfaitement étanche et parfaitement silencieux. A l'exploitation, les résultats sont excellents.

M. ROQUES. — Je dois dire qu'il y a déjà plus d'un million de véhicules qui sont passés sur les joints du pont de Lattre de Tassigny; c'est évidemment peu pour un essai de joint, mais les résultats sont encourageants.

M. BATSCH. — Quel est le rayon de la foliole qui permet à un moment de tourner à gauche et quel est le débit qu'on a pu enregistrer dans cette foliole?

M. THIEBAULT. — La foliole a été tracée en fonction de l'espace disponible et avec une largeur qui croît d'autant plus que le rayon de courbure décroît, de façon que l'automobiliste ne s'inquiète pas s'il se sent déporté sur sa gauche dans le virage. S'il s'agit du rayon de courbure, et pour plus de précision de celui de la bordure intérieure du virage, signalons que celui-ci est fonction de l'abscisse et décroît depuis l'entrée de la foliole pour croître jusqu'à l'entrée dans la trémie profonde en passant par un minimum égal à 13,80 m. Parallèlement, le dévers est fonction de l'abscisse et atteint au maximum 6 %, la chaussée étant pavée en pavés échantillons.

M. ROQUES. — D'ailleurs, la trémie profonde a trois voies de circulation à l'aval de la foliole et deux à l'amont : la foliole se continue ainsi par une voie spécialisée, de façon à éviter une jonction avec la circulation Nord-Sud sur une chaussée en pente où sous les dalles de couverture du carrefour dans un endroit plus obscur, la pente atteint 8 % à l'inflexion du profil en long. On peut donc dire que ce dispositif débite comme une voie normale unidirectionnelle malgré la faible vitesse possible dans la foliole, grâce à la voie charretière supplémentaire à l'aval de la trémie.

Au point de vue débit, je puis vous dire que le 30 avril 1958, où il est passé 28 500 véhicules sur le pont de Lattre, 1 303 véhicules ont emprunté cette foliole, où nous avons également un compteur et ceci avec une pointe horaire de 222 véhicules entre 18 h 30 et 19 h 30 (lorsque les visiteurs de la Foire revenaient en ville) à aucun moment cette foliole n'a donné des signes de saturation.

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

(Reproduction interdite.)

SUPPLÉMENT AUX

NALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

JUIN 1959

Douzième Année, N° 138

VISITE DE CHANTIER

du 20 mai 1959

502 LOGEMENTS ÉCONOMIQUES ET FAMILIAUX

A EVRY-PETIT-BOURG (S.-et-O.)

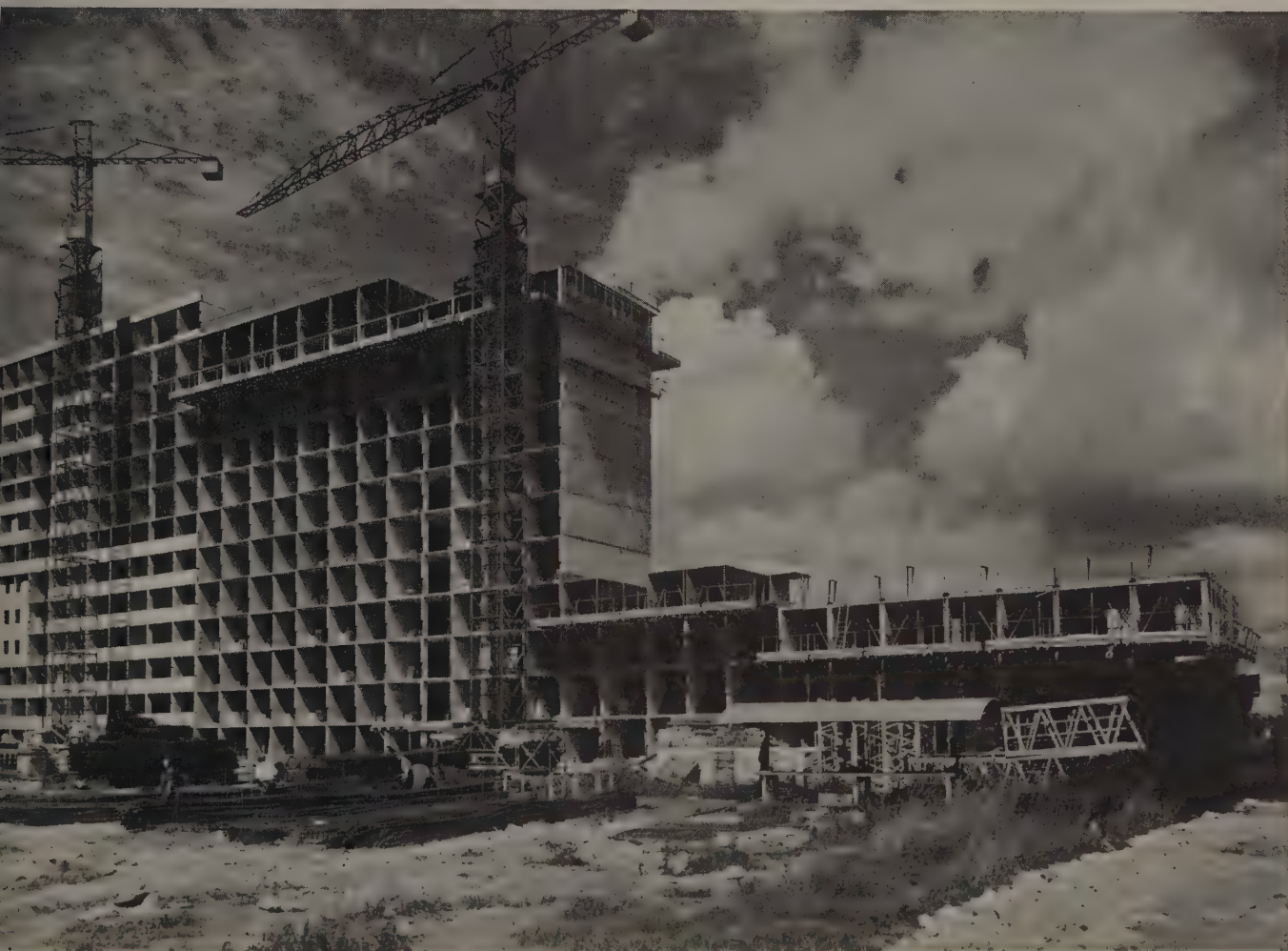


Fig. 1

(Photo Baranger)

STITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

502 LOGEMENTS ÉCONOMIQUES ET FAMILIAUX

A EVRY-PETIT-BOURG (S.-et-O.)

DESCRIPTION DU BATIMENT

La Société Civile Immobilière « Le Parc de Petit-Bourg » fait construire, actuellement, un immeuble de 350 logements type « Logeco » (surface moyenne logement : 68 m²).

Ce bâtiment, aux imposantes dimensions (longueur : 240 m, treize niveaux sur sous-sol) possède, outre, à une extrémité, une chaufferie, et, attenante au bâtiment, une galerie technique en sous-sol servant au passage aux canalisations et à la collecte des ordures.

Il est divisé en quatorze cages d'escalier comprenant, chacune, un ascenseur, un vide-ordures et les conduites montantes habituelles : eau, gaz et électricité aux appartements à l'étage).

Le plan de cet immeuble a été étudié par le Cabinet d'Architecte Thierrart, en collaboration avec le bureau d'Ingénieurs « I.T.R. ». Le projet de béton armé a été établi par le bureau d'études Y. Vallette. La collaboration entre l'Architecte et les Ingénieurs a abouti à un plan très pur, exempt de complications, car le but

recherché était d'obtenir un maximum de surface utile, et d'arriver, en même temps, au standing le plus élevé possible, tout en restant dans les prix plafond Logeco.

La position privilégiée de cette construction, située dans le parc d'Évry-Petit-Bourg, sur un coteau bordant la Seine, appelait, naturellement, la double orientation des appartements, ce qui a permis au Maître de l'Œuvre d'aménager une salle de séjour, dans un F.4., de près de 40 m². Cette salle de séjour peut être divisée, la nuit, en deux pièces, par une cloison mobile.

Cette disposition remarquable efface le caractère étriqué que l'on ressent trop souvent, quand on pénètre dans ce type d'appartement.

De plus, l'absence de toute retombée en plafond, un éclairage substantiel sur les deux façades, la suppression de recoin inutile, achèvent de séduire le visiteur, en lui donnant une impression de confort et de clarté, en même temps que d'intimité.

Ce qui n'est pas négligeable, non plus, pour un immeuble de cette importance, c'est la bonne insono-

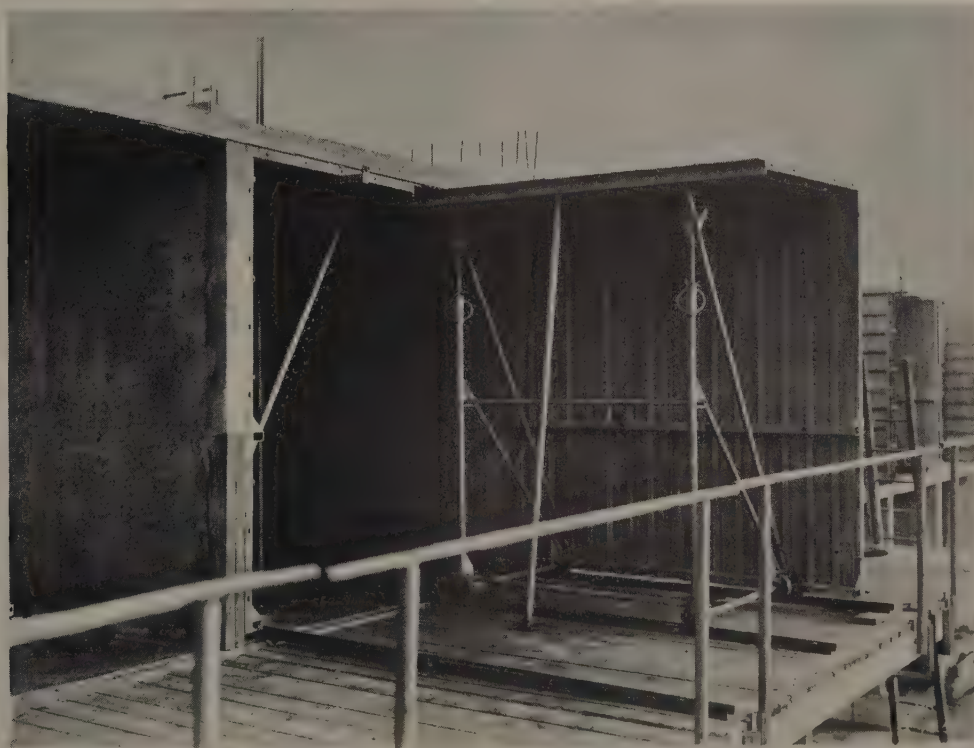


Fig. 2

(Photo Baranger)

risation obtenue à l'intérieur des appartements par les murs porteurs faisant office de cloisons de séparation, et dont l'épaisseur uniforme de 0,13, pour tout l'immeuble contribue à amortir tous les bruits courants. Les dalles-planchers épaisses revêtues de tapiflex sont, elles aussi, peu transmetteuses des bruits, et pourraient même l'être moins encore, si la partie « feutre » du tapiflex était plus épaisse.

Les trois autres pièces, (dans le cas d'un F.4.) deux chambres et la cuisine, s'éclairent toutes trois en façade. La cuisine débouche directement dans la cage d'escalier, tandis que les deux chambres séparées par la petite salle de bain et les W.C. communiquent avec le séjour.

Les autres particularités à signaler, sont :

- le chauffage par le sol;
- les bâtis métalliques incorporés dans les murs de 0,13, au moment du coulage de ceux-ci;
- les prises d'éclairage au niveau des plinthes électriques.

Surface utile et surface pondérée.

Ce bâtiment comprend :

84 F.3. de 57,15 m².

182 F.4. de 67,68 et 68,26 m².

84 F.5. de 78,35 m².

totalisant une surface habitable de 23 70

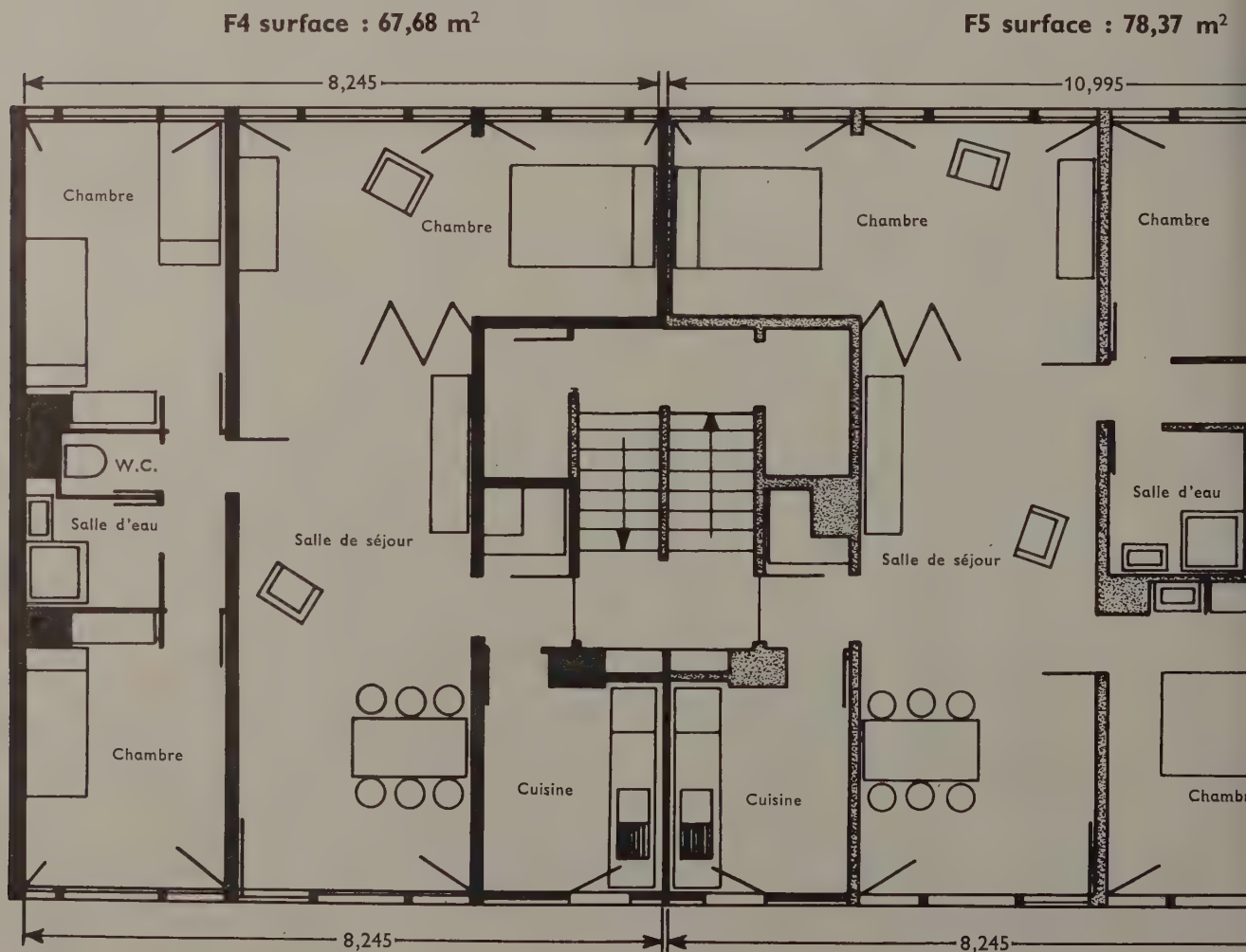
La surface moyenne d'un appartement ressort à

et la surface pondérée étant de 33 27

le coefficient de pondération vaut 1,41

Le sous-sol de cet immeuble régnant sur toute la superficie est utilisé en caves individuelles (une par logement) et en locaux vide-ordures (un par cage) avec dégagement latéral sur la galerie technique servant de chemin de circulation au Fenwick.

Le rez-de-chaussée comprend un certain nombre de logements, et, de part et d'autre des quatorze entrées, des locaux communs pour le garage des voitures et des locaux enfants.



NOUVEAU PROCÉDÉ DE CONSTRUCTION

L'idée originale, pour résoudre économiquement le problème posé par ce bâtiment conçu comme un « nid d'abeilles », a été de coffrer simultanément les murs et les planchers, au moyen d'un coffrage léger, robuste, permettant de rapides et nombreux réemplois.

La résolution de ce problème a été demandée à plusieurs constructeurs de coffrages, et c'est la Société Pinord, de Saint-Amand qui a proposé la solution la meilleure.

Ce coffrage, qui fait l'objet d'un brevet, est constitué par des demi-coquilles articulées par paire dans le sens des dalles, possède en effet les qualités suivantes :

Il est très rigide, pour un faible poids au mètre carré (45 kg).

Les deux demi-coquilles, après clavage, permettent de circuler aisément à l'intérieur d'un alvéole.

— Enfin, ce qui est primordial, le décoffrage et le coffrage s'effectuent presque sans effort, au moyen de simples manœuvres sur des vis-vérins (quatre par demi-coquille).

Le déplacement hors du bâtiment a été résolu d'une façon très simple, au moyen d'un petit chariot qui reçoit la demi-coquille au moment du décoffrage, et l'amène ensuite sous le crochet de la grue grâce à un échafaudage spécialement agencé pour être rapidement déplacé (Fig. 2)

L'élément est de suite replacé à un emplacement similaire mais à l'étage au-dessus, ou au même niveau (dans l'appartement voisin).

Dès qu'une cellule, ou même un seul appartement est entièrement coffré, on procède au coulage des murs. Cette opération est aisée, car le bétonnage s'effectue de plein pied, et le béton s'écoule à l'intérieur des coffrages parfaitement étanches et indéformables.

Dès cette opération achevée, on met en place le

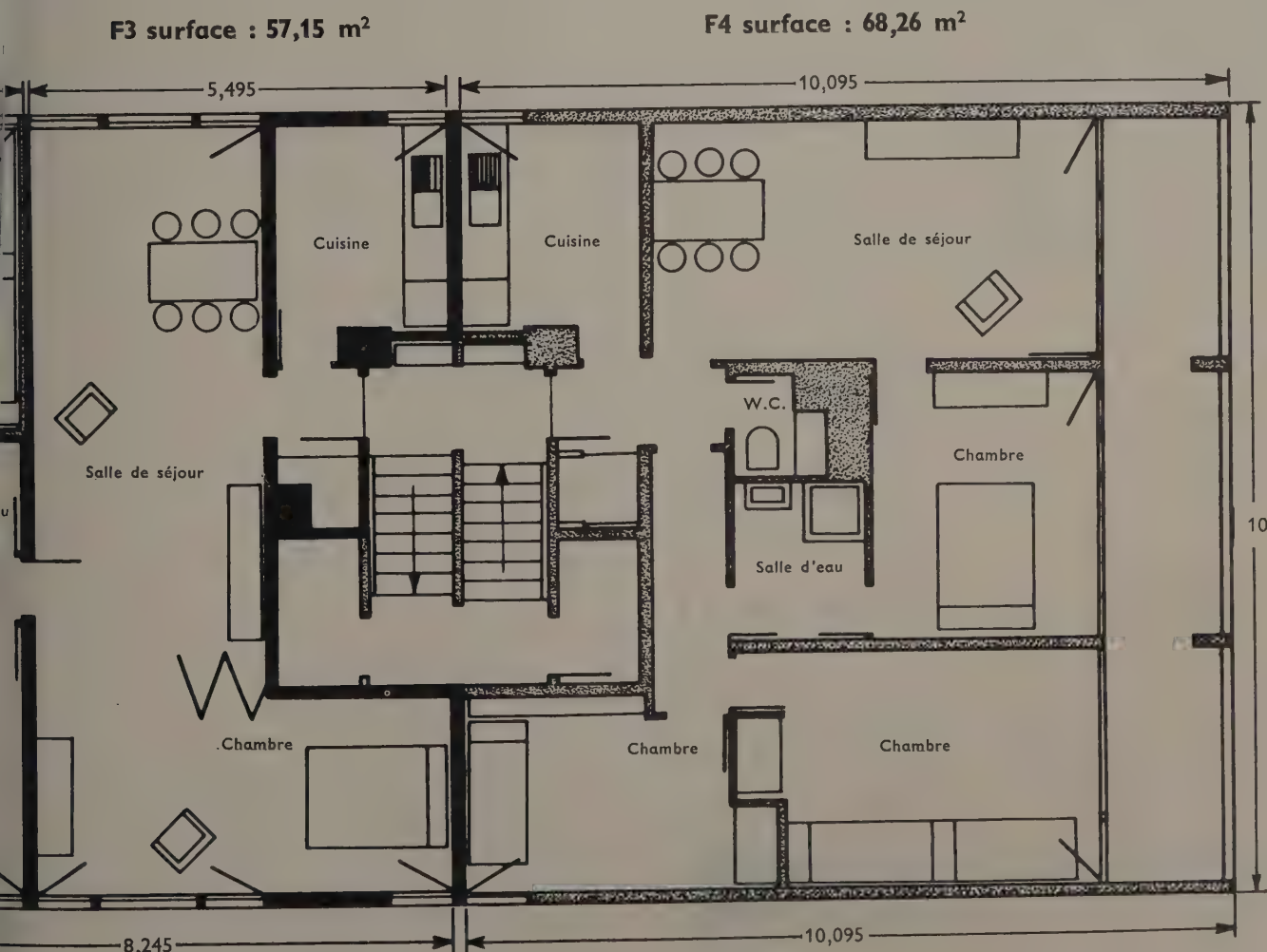




Fig. 4

(Photo Barang)

ferraillage et le réseau de chauffage préparés à terre sur la superficie d'un appartement, par exemple, et, immédiatement après, on coule le plancher.

ROTATION DES COFFRAGES ET DÉLAI DE CONSTRUCTION

L'ensemble des opérations d'un étage comportant : décoffrage, coffrage, ferraillage, coulage et deux jours de séchage, peut être fait dans un laps de temps de quatre à cinq jours.

Le délai de construction dépendra donc du nombre d'unités de coffrages-outils en service, et il est évident que ce nombre dépendra de l'importance du chantier ou de l'emploi ultérieur que l'entreprise a prévu, pour son matériel.

AUGMENTATION DE LA PRODUCTIVITÉ

L'emploi du coffrage-outil dans un cycle simple répétitif a permis, à Évry-Petit-Bourg, une industrialisation très poussée des opérations : coffrage, ferraillage, béton.

La simplicité des opérations a permis l'utilisation d'une main-d'œuvre peu qualifiée, et malgré cela, la productivité obtenue par les ouvriers a été considérablement améliorée.

ENGINS DE LEVAGE ET AMORTISSEMENT DES COFFRAGES

Les coffrages ne pesant pas plus de 500 kg, un tour ordinaire (20 t.m. par exemple) suffit pour déplacer les coffrages, et mettre en place le béton. On pe

d'ailleurs envisager le bétonnage en deuxième poste, pour libérer la grue, durant la journée.

L'amortissement du coffrage et des échafaudages doit être compté pour environ 200 F/m² pour cent emplois. Mais il est certain que ce nombre de réemplois peut être sensiblement augmenté si l'on a soin de bien entretenir le matériel. D'ailleurs, en vue d'éviter d'abîmer les coffrages, nous avons supprimé toute vibration du béton jugée inutile, puisque, sans elle, nous obtenons une peau très acceptable, avec un peu de bullage, par simple addition de Kieselgur au béton.

La suppression de ces trous de bullage, ainsi que de quelques petits défauts impossibles à éviter est obtenue avec un enduit mince à base d'acétate de polymyle.

Le résultat obtenu est aussi parfait qu'on le désire. Il dépend de quelques centaines de grammes d'enduit, plus ou moins au mètre carré, de parement.

PERSPECTIVES D'AVENIR

Ces considérations sur l'emploi, et par conséquent, sur l'amortissement du matériel, posent invariablement la question des programmes de construction. Il est bien certain qu'un tel procédé de construction, qui allie la simplicité à l'efficacité, pose quand même la question des programmes.

Si le chantier d'Évry-Petit-Bourg a permis et même provoqué la naissance de ce procédé de construction, c'est que le projet réalisé par les architectes, et le bureau d'études, appelle irrésistiblement une solution

neuve, sinon, il aurait été impossible de réaliser un tel programme, en restant dans les prix plafond.

Pour être objectif, il ne s'agissait pas d'une solution spécialement économique, car des murs porteurs de 13, espacés en moyenne de 2,80, réunis par des dalles continues de 12, constituent une construction lourde, très robuste, **mais particulièrement insonore.**

Pour la réaliser, dans les prix Logeco, il a fallu réduire dans des proportions considérables, les facteurs « Main-d'Œuvre », dans l'opération représentant le plus grand dénominateur, c'est-à-dire, le coffrage.

Nous avons d'ailleurs, non seulement réussi à abaisser très sensiblement les prix du coffrage, mais aussi ceux concernant le béton, le ferrailage, et surtout ceux relatifs aux revêtements intérieurs (murs et plafonds) grâce à la bonne planimétrie des surfaces, et à la perfection des arêtes et cueillies, obtenues d'un seul jet, par suite du moulage simultané des murs et plafonds.

De nombreux autres avantages restent à obtenir, ayant trait à la fixation des équipements, lesquels peuvent être préparés d'avance grâce au degré de précision obtenu dans la réalisation des bétons moulés au moyen de ces coffrages de haute qualité.

En conclusion de ce qui vient d'être dit, le résultat obtenu à Évry-Petit-Bourg est prometteur.

Ce type de construction permet de réaliser économiquement ce que tout le monde recherche, c'est-à-dire des logements robustes, bien aérés et insonores.

Il est à souhaiter que de nombreux Maîtres d'Œuvre s'inspirent de cet exemple et s'engagent résolument dans la même voie.



Fig. 5

(Photo Baranger)

(Reproduction interdite)

SUPPLÉMENT AUX ANNALES DE
L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT
ET DES TRAVAUX PUBLICS, N° 138 DE 6-59
LE DIRECTEUR-GÉRANT P. GUÉRIN

IMPRIMERIE J. et R. SENNAC
54, RUE DU FAUB. MONTMARTRE
15-5-59 - N° D'IMPRIMEUR 9 390
DÉPOT LÉGAL 2^e TRIMESTRE 1959

MORTIERS et BÉTONS à l'ACÉTATE de POLYVINYLE

PREMIERS RÉSULTATS D'ESSAIS

Le Centre Expérimental du Bâtiment et des Travaux Publics étudie à l'heure actuelle le comportement de mortiers et bétons dans lesquels est incorporée lors du malaxage une certaine quantité d'acétate de polyvinyle.

Cette addition de matières plastiques semble donner, dans certaines conditions, des résultats intéressants, notamment du point de vue fissuration, résistance à la rupture et à l'abrasion.

Précisons d'abord que les études ont porté uniquement sur des mortiers et bétons dans lesquels on avait incorporé de l'acétate de polyvinyle en émulsions. Cette résine est actuellement la seule qui puisse se mélanger correctement à l'eau de gâchage. Toutefois il n'est pas impossible que d'autres produits thermoplastiques puissent convenir, la chimie des plastiques étant en perpétuelle évolution.

Notons aussi que cette sorte de béton est très sensible à l'humidité ambiante et les améliorations apportées par l'incorporation d'acétate de polyvinyle sont d'autant plus sensibles que le béton a été conservé dans une atmosphère sèche (humidités relatives comprises entre 10 et 50 %).

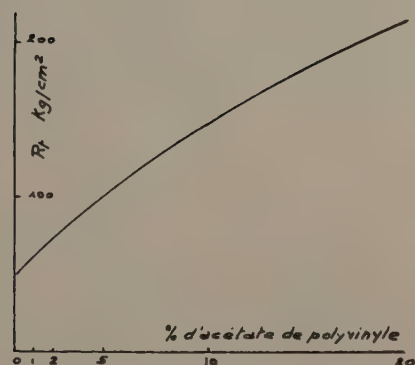
Le domaine d'application semble donc actuellement assez limité.

Nous donnons ci-après les résultats d'essais effectués sur des éprouvettes conservées dans une hygrométrie de 50 %, ce qui correspond dans la réalité à une atmosphère plutôt sèche, courante en France par beau temps. Pour un degré d'hygrométrie supérieur, les résultats sont beaucoup moins intéressants. On a essayé différents acétates qui devraient être moins sensibles à l'eau, aussi bien à l'état liquide qu'à l'état de vapeur, mais jusqu'à présent aucune amélioration n'a été obtenue.

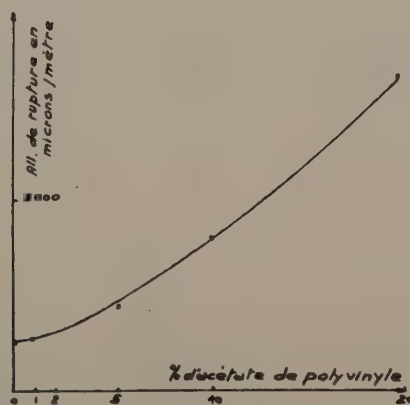
VOICI LES PREMIERS RESULTATS D'ESSAIS OBTENUS EN LABORATOIRE. ILS ONT ETE EFFECTUES SUR PATE PURE, MORTIER NORMALISE (RILEM-CEMBUREAU) ET BETON 800/400 dosé à 350 kg. de Ciment CPA 250/315.

Essais faits à vingt-huit jours.

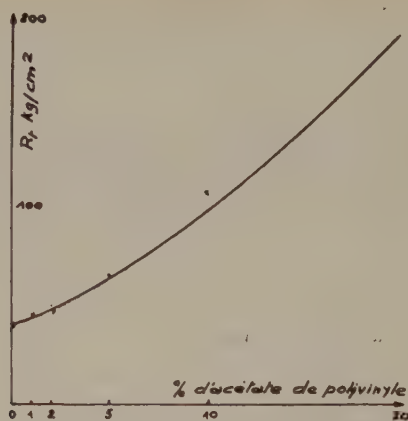
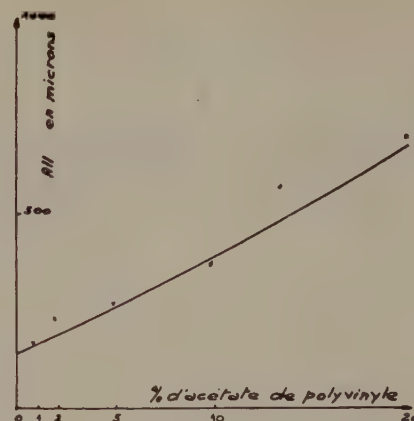
Conservation à 50 % d'humidité.



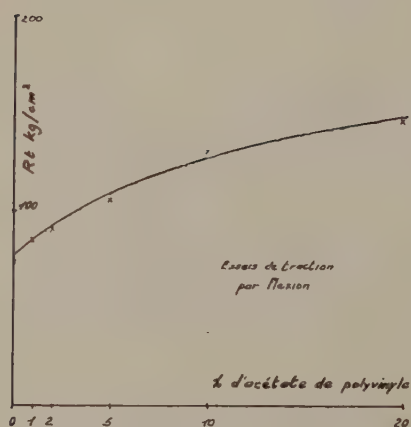
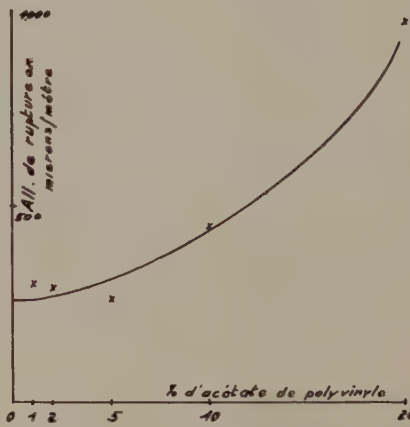
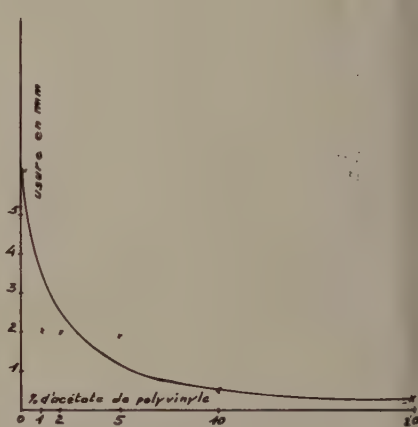
Résistance à la traction en kg/cm²



Allongement à la rupture en microns par mètre

Résistance à la traction en kg/cm²Allongement à la rupture
en microns par mètre

ESSAI SUR MORTIER RILEM-CEMBUREAU

Résistance à la traction en kg/cm²Allongement à la rupture
en microns par mètre

Usure en mm

ESSAI SUR BETON

On constate qu'avec une proportion croissante d'émulsion d'acétate de polyvinyle (de 0 à 20 % en poids du ciment) l'allongement à la rupture et la résistance à la traction sont nettement améliorés. Ceci permet d'espérer que, lorsque les prix

de l'acétate de polyvinyle auront baissé, il sera possible de réaliser des enduits ne fissurant pas, des réparations de faible importance sur des ouvrages en béton, etc...

AUTRES EFFETS DE L'ACETATE DE POLYVINYLE

- augmentation de la résistance à l'abrasion,
- augmentation de la résistance à certains agents chimiques (acide chlorhydrique, alcalis),
- maniabilité supérieure.

SUPPLÉMENT AUX

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

JUIN 1959

Douzième Année, N° 138

Série : *VARIÉTÉS, ACTUALITÉS, INFORMATIONS (9)*

ENQUÊTE SUR L'HABITAT EN ALGÉRIE

ouverte à l'occasion des manifestations organisées en 1958-1959 par
L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS D'ALGÉRIE I. T. E. B. A.
les SERVICES de l'HABITAT de la Direction des Travaux Publics et des Transports
Délégation générale du Gouvernement en Algérie, Rue Berthezène, Alger
et la collaboration : des Architectes, Ingénieurs, Entrepreneurs, Fabricants de matériaux d'Algérie



Oran. H. L. M. Cité Maraval.

IV

Conférence prononcée le 12 mars 1959, salle des Actes de l'Université d'Alger
SOUS LA PRÉSIDENTIE DE **M. LONGOBARDI**, Président de l'I. T. E. B. A.

LES PROFESSIONS DU BATIMENT FACE AUX PERSPECTIVES QUINQUENNALES

par **M. R. BESSON**, Ingénieur des Arts et Manufactures

INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS D'ALGÉRIE

AVANT-PROPOS DE M. MAYER

Chef du Service de l'Habitat

M. Longobardi, Président de l'I. T. E. B. A., qui devait présider notre séance est malheureusement souffrant ; en votre nom à tous je lui présente nos souhaits de prompt rétablissement.

M. Piquard, chargé de mission au Cabinet du Délégué Général, qui devait représenter M. Delouvrier à notre réunion, obligé de tenir une conférence de presse, ne pourra être présent parmi nous ce soir. Il m'a chargé de l'excuser auprès de vous.

M. Saigot, Directeur des Travaux Publics et des Transports, a également été retenu et s'excuse de ne pouvoir assister à cette conférence.

Depuis le début de ce cycle de conférences vous avez tout d'abord entendu poser en termes généraux le problème de l'habitat en Algérie. M. Padovani a ensuite évoqué devant vous l'aspect social de la question, puis M. Roux-Dufort en a exposé très brillamment les conséquences sur le plan de l'urbanisme.

Il vous reste maintenant à entendre le point de vue des fabricants et des marchands de matériaux qui, le 9 avril prochain, vous sera donné par M. Meley, Président de la sous-commission du Plan chargée de toutes les questions relatives aux matériaux de construction. Vous saurez ainsi où en sont les travaux de cette sous-commission.

Le jeudi 14 mai, nous entendrons l'avis de l'ordre des architectes. C'est, je pense, M. le Président Lathuillière qui se chargera de nous le faire connaître.

Le jeudi 28 mai, M. Leroy, Chef du Service du Crédit à la Délégation Générale, viendra vous exposer le point de vue des financiers. Il vous dira comment ce vaste programme peut être financé.

Enfin, le jeudi 11 juin, dans une séance qui, nous l'espérons, sera présidée par M. le Délégué Général du Gouvernement, M. Saigot, Directeur des Travaux Publics et des Transports, tirera les conclusions de ce cycle de conférences et dégagera ce que l'on peut en déduire pour les années à venir.

Je pense, quant à moi, que ces causeries n'auront pas été inutiles, qu'elles auront réellement défini les idées fondamentales et fait progresser le problème de la construction du logement dans le cadre du Plan de Constantine.

Nous sommes réunis ce soir afin d'entendre le point de vue des professions du bâtiment et de connaître leurs difficultés et c'est M. Besson qui a accepté de s'en charger.

M. Besson est sorti en 1954 de l'École Centrale des Arts et Manufactures puis l'Entreprise Boussiron lui a demandé de venir à Alger pour y étudier la construction de la cité H. L. M. des Eucalyptus. Il a ensuite été chargé de diriger le bureau d'études que cette société créa dans cette ville.

Depuis un an et demi, M. Besson participe aux travaux du groupe de travail de l'habitat qui sous l'égide du C. A. E. E. S. établit des normes, étudie des perspectives, etc... Il est donc très au courant de ce qui se prépare en matière de construction et nul n'était mieux placé que lui pour vous exposer ce soir le point de vue de l'entreprise. Je lui passe immédiatement la parole.

RÉSUMÉ

Le conférencier expose tout d'abord quels sont les moyens actuels des entreprises algériennes, puis l'accroissement de leur potentiel qu'exige la réalisation du plan quinquennal de construction pour l'Algérie. Cet accroissement entraîne des problèmes de main-d'œuvre, de matériaux, de financement et pour les résoudre, on est tout naturellement conduit à industrialiser ; cette industrialisation se traduit par organisation, répétition, continuité, standardisation et elle dépend non seulement des entrepreneurs mais aussi des organismes constructeurs.

En conclusion, il souhaite que maîtres d'ouvrage, entrepreneurs et architectes travaillent en équipe, de façon à utiliser au mieux les possibilités de chacun et ainsi assurer la réalisation du plan de Constantine.

SUMMARY

The lecturer first describes the facilities at the disposal of contractors in Algeria at the present time and then goes on to indicate the growth and development of these facilities which will be necessary for the realization of the 5-year plan for building in Algérie. This growth and development will give rise to problems in connection with labor, materials and financing and, in order to solve these problems, industrialisation will naturally be required. Such industrialisation, characterised by organization, repetition, continuity and standardization will depend not only upon the contractors but also on the organizations responsible for construction programs.

In conclusion he expresses the wish that owners, architects, and contractors work together as a team in order to make the best use of the potentialities of each and thus to ensure the success of the Constantine plan.

EXPOSÉ DE M. BESSON

I. — INTRODUCTION

1. Généralités.

L'étude des conditions économiques algériennes et des possibilités de leur développement a été entreprise dans le détail dès 1956 par un groupe de travail formé au Gouvernement Général. En mars 1958, il y a juste un an, ce groupe de travail présentait son rapport, les « perspectives décennales de développement économique de l'Algérie ». Ce document, très complet, représentant un énorme travail de recherche, constituait une base permettant d'évaluer l'importance des concours financiers et techniques qui seraient nécessaires pour faire évoluer l'économie de l'Algérie vers un nouvel équilibre.

Coincidence heureuse, ce rapport paraissait peu de temps avant l'établissement d'un ordre nouveau en France : il allait servir de base au nouveau Gouvernement qui, après en avoir étudié les répercussions financières, traçait en octobre dernier à Constantine l'ébauche du plan de modernisation et d'équipement, première tranche étalée sur cinq ans du programme décennal d'ensemble.

Depuis, le projet a pris corps : la construction des logements en est un des éléments primordiaux et un plan quinquennal en trace maintenant la courbe d'accroissement. Les entrepreneurs, qu'ils soient de plomberie, d'électricité ou de gros œuvre, pourront-ils accroître leur production annuelle pour satisfaire aux données du plan ? — A certaines conditions, qui sont le propos de cet exposé, la réponse est affirmative.

Avant de résoudre un problème, ou tout au moins de tenter de lui trouver des solutions, il convient de le poser. Il faut en quelque sorte établir l'équation d'équilibre en y introduisant toutes les données connues, c'est-à-dire l'état initial et l'état final.

L'état initial est constitué par les entreprises, leur potentiel, leurs réalisations en 1958. L'état final par ces mêmes entreprises, leurs réalisations et le potentiel qui leur sera nécessaire en 1963. Comment passera-t-on de l'état initial à l'état final, quel est le catalyseur nécessaire ? C'est ce que j'essaierai ensuite de définir.

2. État actuel des professions du bâtiment.

Quel est donc, actuellement, l'état des diverses activités du bâtiment ? — Des statistiques sont en cours, mais les résultats complets n'en sont pas encore connus et il est très difficile de les constituer tant le morcellement, la variété et l'irrégularité sont grands. Le nombre des entreprises est variable, au moins en ce qui concerne les plus petites d'entre elles. Le nombre des ouvriers qu'elles emploient l'est encore plus, une forte proportion de la main-d'œuvre employée étant recrutée sur place pour un chantier et par conséquent pour la durée de celui-ci. Enfin, pour le gros œuvre au moins, il est pratiquement impossible de dissocier la main-d'œuvre employée dans les travaux publics de celle qui travaille exclusivement sur des chantiers de bâtiment, un grand nombre d'entreprises, celles qui emploient le plus de personnel en particulier, menant de front les deux activités dans des proportions variables. Les renseignements que l'on peut obtenir proviennent en grande partie des caisses d'assurances sociales et de congés payés ; et la qualification de la main-d'œuvre est, elle aussi, difficile à mettre en évidence.

Pour tout de même fixer quelques ordres de grandeur, disons qu'il y a en Algérie 6 000 entreprises sur lesquelles 1 600 seulement sont affiliées à l'UNALBA. Ces 1 600, qui représente environ 90 % de la production totale, emploient entre 110 et 120 000 ouvriers tout au long de l'année. Il faut y ajouter environ 13 000 personnes payées au mois. Il s'agit là de chiffres correspondant à un emploi complet pendant l'année, c'est-à-dire que le nombre de salariés est sensiblement supérieur (de l'ordre de 160 000), beaucoup d'ouvriers ne travaillant en fait que quelques mois. Si l'on retire la part de main-d'œuvre utilisée par les travaux publics, on peut considérer en première approximation que celle qu'emploie le bâtiment est voisine de 80 000, à laquelle il convient d'ajouter environ 7 000 salariés au mois.

Les renseignements concernant les résultats acquis, c'est-à-dire le nombre de logements construits annuellement sont sensiblement moins imprécis. En 1957, il a été mis en chantier environ 16 000 logements dans les catégories supérieures ou égales en qualité au logement semi-urbain, donc des logements d'un coût variant de 500 ou 600 000 F — à 6 ou 7 millions, ces derniers étant évidemment en faible proportion. De plus, on a construit de l'ordre de 10 000 logements sommaires destinés à la résorption provisoire des bidonvilles. Ces chiffres ne comprennent pas les logements mis en chantier pour le compte de l'armée.

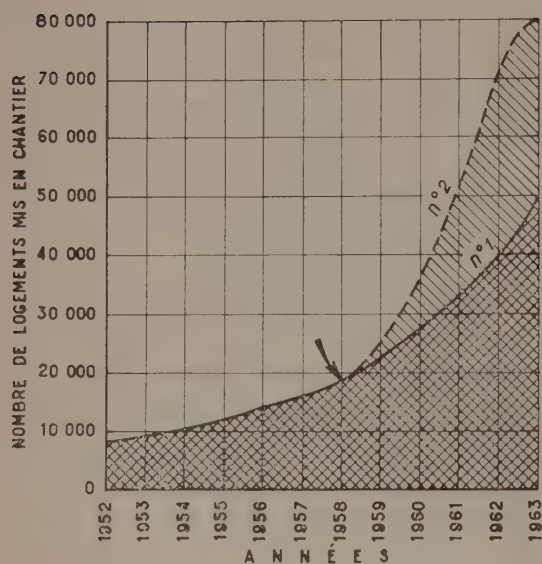


FIG. 1.



Constantine. Gorges du Rummel.

Le nombre de logements sommaires est resté sensiblement constant en 1958. Celui des catégories au-dessus est passé de 16 000 à 18 000. Du point de vue investissements, c'est-à-dire finalement volume de travaux, la dépense pour les logements sommaires a été de l'ordre de 2 milliards chaque année. Pour les logements des catégories supérieures, elle est passée de 27 milliards en 1957 à 31 milliards en 1958. C'est donc ce dernier groupe qui absorbe la majeure partie du potentiel des entreprises, des corps d'état d'équipement plus encore que du gros œuvre, les logements sommaires étant avant tout un espace hors d'eau avec un aménagement des plus succincts.

Pratiquement, les entreprises dont le volume de travaux, de 1952 à 1958, avait été en constante croissance, sont arrivées à un palier. Avec les méthodes qu'elles emploient actuellement, elles travaillent à plein dans la plupart des cas, c'est-à-dire que leurs cadres et leurs ouvriers qualifiés travaillent à plein. Si l'on trace la courbe correspondant à la mise en chantier des logements entre 1952 et 1958, on obtient à peu près ce qui est représenté sur la figure 1, la quantité annuelle passant de 8 000 à 18 000.

Il se pose un problème de main-d'œuvre qualifiée et nous allons voir maintenant quel est le programme quinquennal face à l'état des entreprises à l'heure actuelle.

3. Le plan quinquennal d'habitat.

En face de ces possibilités qui semblent arrivées à un palier, quel est le programme de construction dont la réalisation est prévue dans les cinq prochaines années ?

Le discours de Constantine prévoyait la construction de logements en nombre suffisant pour loger un million de personnes. Une étude, conduite depuis par la Direction du plan en liaison avec les divers services intéressés a permis de fixer les nombres minima de logements qui pourraient être mis en chantier de 1959 à 1963, eu égard aux moyens financiers susceptibles d'être dégagés pour en assurer le financement. Une circulaire du Service de l'Habitat, en date du 5 février dernier rend compte de ce programme minimum et de sa répartition escomptée au cours des cinq années.

Il sera construit 171 000 logements répondant aux besoins du secteur moderne de l'économie, c'est-à-dire destinés à la population intégrée dans les circuits modernes de l'économie et 110 000 logements sommaires répondant aux besoins créés par la résorption des bidonvilles et l'amélioration de l'habitat rural. Comme pour les années passées, les logements sommaires représentent un volume de travaux, donc un potentiel de construction faible devant les autres. J'en ferai abstraction dans la suite de cet exposé.

« Il s'agit là, bien entendu — je cite la circulaire — en ce qui concerne notamment le secteur moderne de l'économie, d'un programme minimum qu'il a paru sage, en première étude, de limiter aux moyens qu'il est possible, dans la conjoncture actuelle, de mettre en œuvre. Les études poursuivies sous l'égide de la Direction du plan tendront vers la réalisation d'un programme plus important. » En fait le programme portera sur un nombre compris entre 171 000 et 240 000 logements mis en chantier pendant la période quinquennale, 171 000 n'étant que le minimum dont on est assuré.

Quel que soit le chiffre global qui sera admis, c'est-à-dire possible du point de vue financement, la répartition suivant les types de logements variera peu autour des valeurs suivantes :

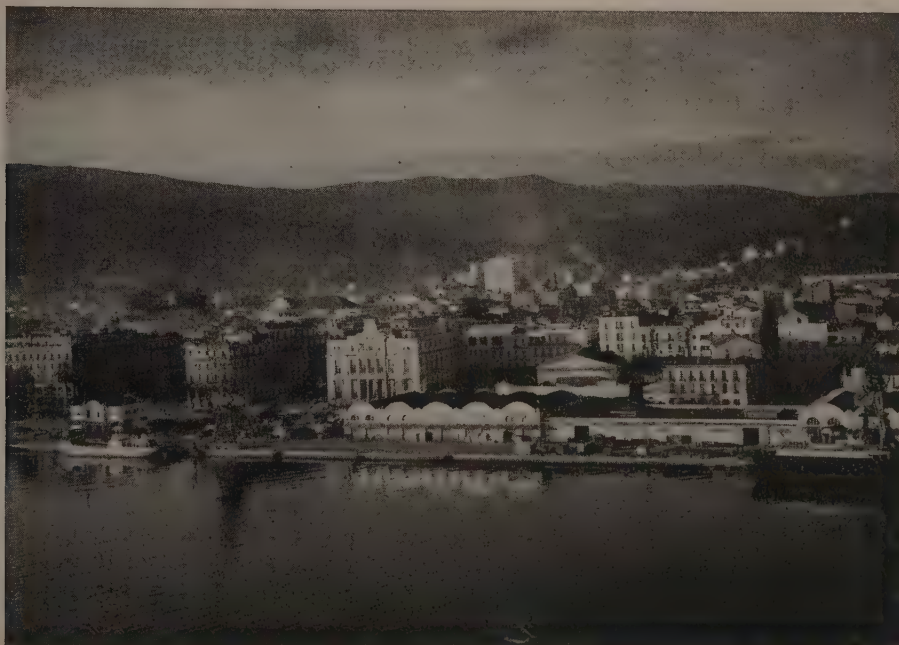
— 2 %	de logements « semi-luxe »	d'une valeur de	6 à 7	millions
— 5 %	— « normal »	—	4 à 5	—
— 30 %	— « logeco »	—	2 à 3	—
— 33 %	— « million »	—	1 à 1,5	—
— 30 %	— « semi-urbain »	—	500 à 600 000	—

Ces proportions sont d'ailleurs assez voisines de celles des années précédentes.

Mais pour suivre une courbe de croissance à peu près régulière et éviter au maximum les à-coups, la progression prévue dans le cas du programme minimum serait de 22 000 en 1959, 26 000 en 1960, puis 33 000 et 40 000, pour arriver en fin de période à 50 000 mises en chantier annuelles.

Si nous reprenons la courbe de la figure 1 indiquant le nombre de mises en chantier de 1952 à 1958 et que nous la complétons pour les cinq années suivantes, il est permis de contempler le résultat avec une certaine émotion. En effet, le point 58 constitue presque un palier, les entreprises travaillent presque à plein rendement alors que le programme de 171 000 logements est un minimum susceptible d'atteindre 240 000, soit en fin de période un total annuel de 80 000 logements environ qui pourrait alors constituer le « régime de croisière ».

Provisoirement, la répartition géographique de cet habitat est prévue proportionnellement à la population, mais la circulaire précise que cette hypothèse, trop simpliste, ne tiendrait pas un compte suffisant des nécessités de l'aménagement du territoire. Il est normal de construire proportionnellement plus de logements dans les zones en cours d'industrialisation et moins dans celles dont l'activité économique ne doit s'accroître que faiblement au cours des années à venir. De même, le niveau de vie varie fortement d'une région à l'autre et la répartition entre les différents types techniques devrait en tenir compte : telle région économiquement plus riche appellera une proportion plus importante de L. O. G. E. C. O., telle autre déshéritée nécessitera plus de logements semi-urbains.



Bône.

II. LES PROBLÈMES DE MAIN-D'ŒUVRE

1. Un catalyseur : l'industrialisation.

Voici donc posé le problème : d'une part les entreprises qui, si l'on admet qu'elles ont travaillé à plein en 1958, sont à même de réaliser 18 000 logements par an; d'autre part la construction projetée par le plan quinquennal de 4 000 logements supplémentaires en 1959, suivie d'un accroissement de plus en plus rapide permettant d'atteindre en 1963 un total de 50 000 logements mis en chantier par an, probablement même un chiffre compris entre 50 et 80 000.

Au pied de la lettre, il s'agirait donc pour les entreprises algériennes d'accroître considérablement leur potentiel pour arriver à le tripler, ou presque, en fin de période. Ceci n'est pas tout à fait exact car il faut compter avec les apports extérieurs. Depuis quelque temps déjà, un certain nombre d'entreprises françaises établies au Maroc surtout, ou métropolitaines plus récemment, s'implantent ou se préparent à s'implanter ici. Généralement, ces entreprises ont eu préalablement des contacts soit avec l'UNALBA, soit avec différents membres de la profession, les conditions économiques, les modes de construction et les possibilités de réalisation étant sensiblement différents de ce qu'ils sont en Métropole ou au Maroc et nécessitant une étude particulière. Peut-être serait-il souhaitable que ces entreprises réalisent de véritables associations avec des entreprises algériennes, leur apport en main-d'œuvre et matériel pouvant ainsi être plus judicieusement adapté aux besoins réels.

En tout état de cause, l'accroissement de potentiel des entreprises actuellement en activité en Algérie devra avoisiner au moins 10 à 15 % par an, ce qui correspond à un coefficient d'ensemble pour la période de cinq ans compris entre 1,6 et 2. Si le nombre total de logements à construire atteint 240 000, ce coefficient d'accroissement devra être encore plus important.

Or, les difficultés auxquelles doit faire face une entreprise, quelle qu'elle soit, sont de trois ordres :

- la main-d'œuvre, prise au sens large du mot, c'est-à-dire comprenant aussi bien les ingénieurs et cadres, que les ouvriers spécialisés et les manœuvres, le personnel d'études, comme celui des chantiers;
- les matériaux, dont le nombre et la qualité augmentent au fur et à mesure des découvertes de la technique et dont la quantité globale devra suivre une courbe de croissance proportionnelle à l'accroissement du nombre de logements construits;
- le matériel, que l'on trouve sans difficultés quand on a une trésorerie large et qui donc dépend de la régularité des paiements et du mode de financement.

Je m'attacherai surtout au problème de la main-d'œuvre, car c'est celui sur lequel l'entrepreneur a le plus de prise. S'il est maître de la main-d'œuvre qu'il forme, il l'est beaucoup moins des matériaux qu'il sollicite, pratiquement pas du financement qu'il souhaite.

L'évolution nécessaire des entreprises du bâtiment exige un catalyseur et ce catalyseur s'appelle industrialisation. On a beaucoup parlé de l'industrialisation du bâtiment, on lui a assigné beaucoup de buts, elle devient ici un impératif. Il est certain que les différents corps d'état n'en sont pas au même stade : la menuiserie par exemple est beaucoup plus proche de l'industrie au sens où on l'entend actuellement, que le gros œuvre ou l'électricité. Je dirai même que certaines menuiseries algériennes sont parmi les plus modernes de France, peut-être d'Europe; ce qui ne veut pas dire que les entrepreneurs des autres corps d'état soient en retard sur leurs confrères métropolitains, bien au contraire.

Il faut considérer que la masse de main d'œuvre actuellement employée dans le bâtiment ne s'accroîtra pratiquement que par le bas de l'échelle, c'est à dire à l'échelon manœuvre. Sur le plan quantitatif, le réservoir d'hommes qu'est l'Algérie permet évidemment de répondre aux besoins, mais la qualification de cette main-d'œuvre supposerait résolu le problème de la formation professionnelle et ce depuis plusieurs années déjà car un ouvrier n'est vraiment qualifié qu'après un temps assez long de pratique sur les chantiers.

Mais s'il est long et difficile de former un ouvrier qualifié au sens habituel, autrement dit un ouvrier complet, il est relativement aisé d'apprendre à un manœuvre à effectuer une opération bien déterminée : couder un tuyau sur un gabarit, sceller une prise de courant, lisser une surface de béton horizontale, d'une façon générale tout travail élémentaire faisant partie de l'ensemble qu'un ouvrier qualifié serait à même de réaliser entièrement. On obtient ainsi ce que, par un rapprochement paradoxal, on a appelé le manœuvre spécialisé. Le manœuvre, celui qui par définition ne sait rien faire, devient brutalement un spécialiste; il est même spécialisé à outrance, il sait effectuer une seule opération.



Alger. La cité des Eucalyptus en construction.

Non que le manœuvre spécialisé soit une fin en soi. C'est simplement une étape vers ce que l'on pourrait appeler l'ouvrier spécialisé, qui n'est pas ou ne sera pas un compagnon : il saura effectuer un certain nombre d'opérations élémentaires dans le cadre d'un procédé de fabrication. Ces ouvriers spécialisés sont comparables aux compagnons, non par la qualification, mais par l'importance des services rendus; il est donc logique que leurs salaires soient comparables. C'est un moyen d'accroître les capacités, et partant le niveau de vie des gens sans qu'ils passent nécessairement par les centres de formation professionnelle.

2. L'industrialisation par l'organisation.

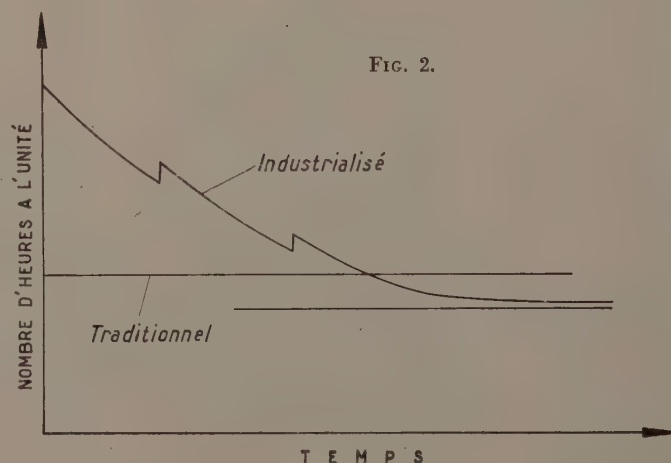
L'industrialisation sera donc l'introduction sur les chantiers d'une proportion croissante de ces manœuvres ou ouvriers spécialisés et celle-ci se traduira par une première composante, l'organisation. Comme je l'ai dit précédemment, on est amené à décomposer le travail en opérations élémentaires. Chaque poste de travail devient donc une petite chaîne de fabrication qu'il faut organiser avant tout commencement d'exécution. Si l'on prend, en outre, les choses à leur début, il est nécessaire d'apprendre à chacun des manœuvres de la chaîne leur spécialité; ceci sera d'ailleurs d'autant plus aisé que le travail sera plus décomposé.

Pour être pleinement efficace, l'organisation doit se faire avant l'ouverture du chantier, en complète collaboration entre le bureau d'études et les futurs exécutants. L'Architecte est bien souvent amené, lui aussi, à y participer, car de petites modifications, soit de l'implantation des bâtiments, soit de leur aspect en façade, ou encore des dispositions intérieures, peuvent amener des simplifications importantes de la mise en œuvre. Des cloisons décrochées, par exemple, coûtent plus cher au mètre carré que des cloisons droites, non seulement en gros œuvre, mais surtout en plomberie ou en électricité.

Deux études sont en somme à mener de front : la décomposition des postes de travail en opérations élémentaires et l'aménagement de l'architecture et du mode de construction du bâtiment de manière qu'ils s'adaptent à cette décomposition. Ce faisant, on est bien souvent conduit à prévoir des étapes intermédiaires dans la réalisation car il est autrement plus simple de faire une décomposition en échelons successifs que de la faire globalement. En quelque sorte, on fait d'abord un partage en chapitres, chacun d'eux étant ensuite divisé en paragraphes. Les stades intermédiaires, les chapitres, s'appellent des éléments préfabriqués. Les paragraphes sont les diverses étapes de la constitution et de la pose de ces éléments préfabriqués. Ce qui signifie que quand on veut industrialiser, on est presque toujours et très vite conduit à la préfabrication. C'est exactement ce qui se passe dans les autres industries de transformation. Dans l'industrie des moteurs, par exemple, on construit séparément le bloc moteur, les ensembles bielles-pistons, le système de carburation, d'allumage, de refroidissement, que sais-je encore, et on les assemble ultérieurement. Le grand public est encore souvent tenté de confondre préfabriqué avec provisoire ou démontable : cette confusion n'a évidemment aucun fondement puisqu'en deuxième phase, les éléments sont soudés les uns aux autres; ils le sont différemment suivant les corps d'état (pour le gros œuvre cette soudure est en général à base de ciment) mais cette soudure reconstitue l'homogénéité de l'ensemble, exactement comme dans un mur en maçonnerie ou en briques, les moellons ou les briques étant en fait des éléments préfabriqués. Je dirais même que la préfabrication doit améliorer la qualité du bâtiment car la régularité de fabrication est beaucoup plus facile à surveiller et à maintenir lorsque celle-ci se fait en un point fixe, qu'il soit sur le chantier ou hors du chantier.

Ce travail préalable de décomposition, qui est évidemment long la première fois qu'on le fait, beaucoup moins les suivantes, fait ressortir les opérations élémentaires de la construction et permet d'employer une main-d'œuvre comportant une forte proportion de ces manœuvres spécialisés qui constituent la seule issue pour accroître le potentiel de l'entreprise sans aboutir à des investissements prohibitifs.

Mais quand on commence à appliquer ces méthodes, on a souvent des surprises désagréables. L'entrepreneur travaille en fonction de prix qu'il doit respecter et, dans presque tous les cas, quand on commence à industrialiser, les prix de revient montent parfois dans des proportions considérables. Un travail réputé coûter 100 F à l'unité quand on





Oran. La cité des castors de la marine.

l'exécute suivant des procédés traditionnels peut très bien atteindre 200 quand on commence à l'industrialiser, mais l'accoutumance fait que ce prix décroît progressivement suivant une courbe qui tend vers une valeur presque toujours inférieure au prix initial, 90 par exemple dans le cas présent (fig. 2).

L'expérience montre que cette courbe n'est pas régulière, elle comprend un certain nombre de décrochements. Elle remonte chaque fois qu'un individu, quel que soit son rang, cadre ou manœuvre, a une idée d'amélioration et, presque chaque fois, la valeur vers laquelle elle tend à nouveau est un peu inférieure à ce qu'elle était auparavant.

Pour que l'opération soit viable, il faut donc attendre un certain temps, de façon à se trouver dans la période où les temps de fabrication ont atteint leur stabilité, c'est-à-dire la partie horizontale de la courbe dont je viens de parler. Il en découle immédiatement une deuxième composante de l'industrialisation : la répétition.



Immeuble en construction à Hussein-Dey.

3. L'industrialisation par la répétition.

C'est en quelque sorte une forme de l'organisation, mais dans laquelle le maître d'ouvrage intervient car c'est lui qui décide de l'importance du nombre de logements à construire dans le cadre d'un chantier déterminé, c'est lui aussi, en liaison avec son architecte, qui décide si tous ces logements sont identiques ou tout au moins s'ils constituent des groupes, des cellules identiques. Car il est bien certain que, outre le rendement de la main d'œuvre dont je parlais il y a un instant et qui nécessite un certain nombre de répétitions pour être viable, il y a un minimum d'investissements nécessaires pour industrialiser un chantier.

Ce minimum, c'est le gabarit de montage puisque l'on s'adresse à une main-d'œuvre généralement illettrée. Mais suivant l'importance du programme, le matériel utilisé spécialement pourra être plus distingué. Je prends un cas concret : le coffrage d'un mur en béton peut être fait de multiples manières différentes, qu'il soit coulé en place ou préfabriqué. Les deux extrêmes sont le coffrage en planches, utilisé dans les chantiers les plus traditionnels et le coffrage métallique à commandes automatiques par vérins, apanage des usines de préfabrication les plus modernes. Le premier nécessitera, par exemple, 600 F de main d'œuvre au mètre carré pour le coffrage, puis le décoffrage et les planches, susceptibles d'être réemployées cinq fois, nécessiteront un investissement de 1 000 F au mètre carré. Pour le second, le coût de la main-d'œuvre d'utilisation tombera à 100 F au mètre carré comprenant le coffrage, le décoffrage et le nettoyage, mais le prix du moule sera de 300 000 F au mètre carré.

Une simple règle de trois montre que si le coffrage en planches est amorti en cinq opérations, il en faudra plus de 400 pour amortir le moule distingué. Peut-être un peu moins en fait car les produits sortent plus finis — de moules plus soignés et on retrouve un gain de main-d'œuvre qualifiée en finitions. J'ai cité ici les deux extrêmes et il existe toute une gamme de types de coffrages dont l'amortissement correspond à un nombre de réemplois variable.

Pour l'entrepreneur, industrialiser par répétition consistera surtout à soumissionner sur des programmes dont l'importance est égale ou supérieure à ce qui est nécessaire pour le mode de construction qu'il a adopté. Ceux-ci peuvent être classés, pour la plupart des corps d'état d'équipement comme pour le gros œuvre, en trois grandes familles :

- la construction traditionnelle dans laquelle tous les matériaux sont mis en œuvre directement à leur position définitive;
- la préfabrication foraine qui permet en quelque sorte le groupage ou la mise en forme préalable d'une partie des matériaux, sur le chantier d'utilisation;



Médéa. HLM. Cité en construction.

— enfin la préfabrication en usine qui conduit au transport d'éléments finis constituant tout ou partie des immeubles à construire.

Il est bien certain que la préfabrication en usine est susceptible d'atteindre un niveau d'industrialisation auquel la construction traditionnelle ne peut prétendre. Elle a, en outre, l'avantage de fixer la main-d'œuvre. Mais cela ne signifie pas que les 6 000 entreprises algériennes doivent envisager d'aboutir à cette préfabrication en usine. Il y aura toujours des programmes d'importances différentes, variant de la villa individuelle à la cité de 2 000 logements et il faut que chacun y trouve le chantier qui correspond à ses possibilités. Il est plaisant de comparer l'ensemble des entreprises à un bloc de béton. Pour que le béton soit bon, il faut que la granulométrie des agrégats qui le composent soit bonne : ni trop de sable fin, ni trop de gros graviers. Ici, c'est un peu la même chose, il ne faut ni trop d'entreprises par trop artisanales, ni trop d'usines à logements.

J'ai dit, tout à l'heure, en parlant de l'organisation, qu'il était nécessaire d'entreprendre, avant l'ouverture du chantier, une étude très poussée des méthodes qui y seront employées et une adaptation des cellules à ces méthodes. Or le personnel d'études, au même titre que toute la main-d'œuvre qualifiée, restera sensiblement constant au cours des années à venir. C'est dire que la répétition est aussi absolument nécessaire à ce stade de la construction. Plus élevé sera le nombre des cellules identiques auxquelles s'applique l'étude, plus celle-ci pourra être poussée, dans les limites des frais qu'elle justifie et du temps que le personnel sera à même de lui consacrer. La consommation de matière grise que l'on peut admettre est sensiblement proportionnelle au nombre des logements auxquels elle s'applique.

4. L'industrialisation par la continuité.

Et si la répétition est un élément important de l'industrialisation, la continuité l'est encore bien davantage. Quand on a adopté un procédé de construction, il faut le faire évoluer certes, mais il est très dangereux de le modifier brusquement. En passant d'un chantier à un autre, il vaut mieux conserver le même principe de construction en n'en modifiant que certains éléments, si l'on a constaté sur le chantier précédent que l'on pouvait les améliorer. Mais il ne faut jamais changer le mode de construction au cours d'un même chantier. Il faut avoir la volonté de persévérer, même dans son erreur et lorsqu'on s'aperçoit qu'une des parties de ce que l'on a prévu s'adapte mal, la conserver quand même jusqu'au chantier suivant. Car, très rapidement, quand on industrialise et surtout en préfabrication, la modification d'un élément entraîne celle de tous les autres et on transformerait en catastrophe un simple accident. Chaque modification exige une étude complète qui peut être longue : elle ne peut donc être appliquée que plusieurs semaines ou plusieurs mois après que l'idée en est venue, d'autant qu'il ne suffit pas, en général, que l'étude en soit faite pour que le chantier puisse immédiatement l'appliquer, quand il s'agit d'un chantier en cours.

La continuité du mode de construction qui dépend presque uniquement de l'entrepreneur, est certes importante, mais c'est surtout la continuité de débit qui conditionne le rendement. Les professions du bâtiment sont celles qui subissent le plus d'à-coups, dus en partie à leur nomadisme, mais surtout au fait que les chantiers qui leur sont attribués s'enchaînent rarement comme il serait souhaitable pour une utilisation rationnelle du personnel et du matériel. Je prends un exemple, une entreprise de gros œuvre qui, étant donnée son importance dans la profession, sera amenée à construire pendant la période quinquennale 1 500 logements. J'admets que cette entreprise a adopté le principe de continuité du mode d'exécution et que le procédé de fabrication qu'elle utilise lui impose des programmes minima de 400 logements semblables. Et je suppose qu'elle ait obtenu trois groupes de 500 logements représentant trois types de cellules. Si le second marché est signé au moment où le premier chantier se termine, et de même pour le troisième marché, l'entreprise mettra environ six ans et demi pour réaliser son programme, ou alors elle était à même de réaliser un nombre de logements bien supérieur. C'est ce que représente le programme de travaux A de la figure 3. Si les marchés lui sont accordés respectivement au tiers et aux deux tiers de la période, c'est-à-dire au bout de vingt et quarante mois, elle

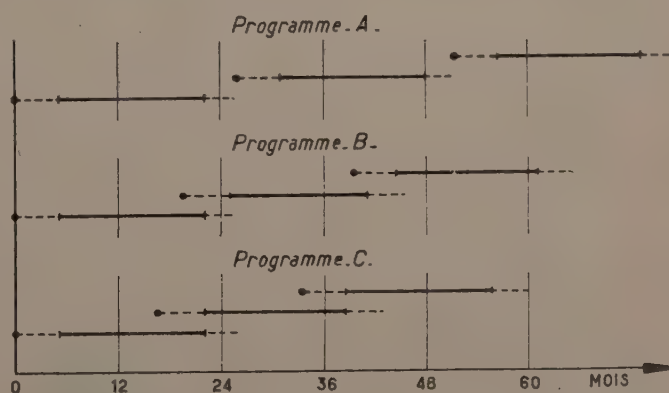


FIG. 3.

mettra encore cinq ans et demi (programme B). Le temps de construction comprend une phase études suivie pour le gros œuvre d'une phase fondations, puis la superstructure et enfin les finitions. C'est la plus longue de ces phases, en l'occurrence la superstructure dans presque tous les cas, qui conditionne tout le reste. Il faut donc que ces phases s'enchaînent. C'est ce que représente le programme C. Celui-ci nécessite que les marchés soient signés au plus tard au bout de dix-sept et trente-quatre mois. J'ai bien dit au plus tard, ce qui signifie qu'il y a tout intérêt à ce qu'ils le soient avant.

Il est nécessaire que l'entrepreneur en vienne à avoir un carnet de commandes et ce carnet de commandes est encore bien plus important que dans les autres industries de transformation puisque le stockage est impossible.

J'insiste particulièrement sur ce point car c'est là que risque de se trouver le goulot d'étranglement du programme quinquennal. Il faut que les maîtres d'ouvrage acceptent de lancer des opérations longtemps à l'avance, ce qui nécessite pour eux d'avoir un programme d'ensemble préétabli et qu'ils acceptent d'en envisager la réalisation globalement, sans que les étapes intermédiaires soient déterminées par eux. C'est aux entrepreneurs à le faire et l'obligation en est d'autant plus impérieuse que ceux-ci travaillent en général avec plusieurs maîtres d'ouvrages différents. Les reconductions entre autres, doivent être prévues dès le démarrage du chantier de base de façon qu'elles s'enchaînent au mieux avec lui, ce qui n'est pratiquement jamais le cas à l'heure actuelle.

Mon propos n'est pas de citer des exemples particuliers, mais il est au moins un cas où ce genre d'opérations a été réalisé dans le domaine des travaux publics, le carnet de commande d'ouvrages typifiés étant établi avec près d'une année d'avance sur le démarrage des travaux. On ne voit pas pourquoi ce qui est réalisable en travaux publics ne le serait pas en bâtiment.

Que les maîtres d'ouvrages pensent bien ces problèmes. Ils risqueraient sans cela, quand ils lanceront leurs programmes, d'avoir la désagréable surprise de ne pas trouver d'entrepreneurs pour les réaliser. Non pas par mauvaise volonté, mais en raison d'une perte de temps au début de cette période quinquennale qui obligerait, pour la rattraper, à un accroissement beaucoup trop important en fin de période. Il leur sera d'autant plus facile de faire vite, qu'ils répèteront un grand nombre de fois la même cellule. Organisation, répétition, continuité sont bien aussi des règles que devront appliquer les maîtres d'ouvrages qui, comme les entrepreneurs et les architectes, auront à faire face à des programmes constamment croissants sans que leurs possibilités en personnel s'accroissent beaucoup. De plus, le programme quinquennal est pour eux, avec ce que je viens de dire, un programme triennal : il faudra que pratiquement les marchés relatifs aux 171 000 logements soient passés dans les trois premières années et c'est 1961 ou 1962 qui marquera pour eux le début de la « vitesse de croisière » à laquelle je faisais allusion au début de cet exposé.

5. L'industrialisation par la standardisation.

Le dernier des facteurs de l'industrialisation est la standardisation. Certains corps d'état, telle la menuiserie, y sont déjà presque parvenus. Nous avons examiné les effets de la répétition sur le potentiel, c'est-à-dire sur la productivité des entreprises; la standardisation consisterait à élever cette répétition du niveau du chantier à celui de l'Algérie entière. Il ne viendrait pas à l'idée de demander aux briquetiers des briques spéciales pour



Médéa. Cité en construction.

chaque chantier; c'est pourtant ce que l'on demande aux entreprises qui font de la préfabrication : chaque chantier les oblige à modifier le détail de leur procédé. Il est bien certain que plus un élément est petit, plus sa standardisation est facile puisque ses possibilités d'assemblage sont plus étendues. Mais, en examinant les conditions actuelles de travail, on s'aperçoit que les 171 000 logements à construire représenteraient plus de 5 000 cellules différentes. Entre la standardisation complète qui ramènerait à une cellule unique et ces 5 000 cellules différentes, il y a peut-être un état intermédiaire optimum.

En ce qui concerne le gros-œuvre, la standardisation compte beaucoup d'opposants. Je reconnais qu'il serait fastidieux de rencontrer toujours et partout le même immeuble haussé au rang d'immeuble national dont le plan type serait adopté par tous. Sans aller jusqu'à cette typification complète, je ne pense pas qu'il soit désagréable de retrouver de loin en loin des cités constituées de bâtiments identiques. La nature nous offre sans cesse des exemples de ces répétitions. Une forêt de pins peut être très belle, même si chacun des arbres qui la composent ne présente aucun caractère exceptionnel. Et personne ne sera choqué de rencontrer une autre forêt de pins cent kilomètres plus loin : la variété du relief qui, en construction se traduit par la variété du plan masse, suffit à donner son originalité à l'ensemble.

Et même si l'on désire donner une originalité propre à la façade des immeubles, lorsqu'on passe d'une cité à une autre cité, rien n'empêche de conserver la trame du bâtiment et le plan de cellule : seul l'habillage extérieur différerait. Cela reviendrait à standardiser, dans certaines limites de nombre, bien entendu, la cellule, donc le plan d'appartement sans pour autant standardiser l'immeuble. Dans le même ordre d'idées, on conçoit mal que les escaliers des immeubles ne se limitent pas à quelques types, alors qu'il serait si simple de le faire.

Mais s'il est relativement concevable que le gros œuvre ne soit pas encore standardisé à notre époque, il est ahurissant de penser que les corps d'état d'équipement ne le soient pas. Les menuiseries, les menuiseries intérieures surtout, ne s'écartent guère maintenant de quelques types bien définis; mais leur standardisation n'est pas complète, elle se limite bien souvent à la production d'une entreprise et varie d'une entreprise à une autre. Quant aux menuiseries extérieures, les constructions de types logeco, million ou semi-rural, devraient utiliser toujours les mêmes fenêtres, choisies dans un catalogue type, le même à l'échelon algérien au moins : outre une réduction du prix de revient, ceci permettrait le stockage et supprimerait donc l'influence néfaste des à-coups qui peuvent toujours se produire. De même pourquoi ne se limite-t-on pas à quelques types de groupements de locaux sanitaires dont les commodités d'utilisation et d'entretien ont été éprouvées. Actuellement, les appareils sanitaires sont pratiquement typifiés; si leur assemblage l'était, du même coup les jonctions entre ces appareils, évacuations et alimentations seraient aussi standardisées. Il ne resterait plus à adapter, selon la position du bloc sanitaire dans l'appartement, que le raccordement de celui-ci aux colonnes d'alimentation et un grand pas serait fait dans la voie de l'industrialisation. Même pour l'architecte, ces dispositions n'apporteraient pas de sujétion très importante :

Il s'agirait simplement de tenir compte d'un encombrement d'ensemble au lieu de réserver l'emplacement de chacun des constituants dans un ordre quelconque. L'architecte serait ainsi conduit à préfabriquer en quelque sorte ses groupes sanitaires, donc à s'industrialiser. — Est-ce un mal ?



Orléansville. Reconstruction.

III. LES PROBLÈMES DE MATÉRIAUX

Je vous ai dit, au début de cet exposé, que les problèmes qui se posaient étaient de trois ordres : main-d'œuvre, matériaux, matériel et que ce dernier était en réalité une question de financement.

En ce qui concerne les matériaux, il est surtout important de prévoir quelle en sera la consommation. Les fabricants de matériaux, qui doivent accroître leur production en fonction des besoins futurs, doivent savoir dans quelle proportion pour modifier leurs moyens de production en conséquence. Actuellement, une commission des matériaux a été créée au sein de la Direction du Plan : elle est chargée d'estimer les besoins en matériaux nécessaires à la réalisation non seulement du programme d'habitat, mais de tout le plan d'expansion économique. C'est là un travail ardu dont les résultats commencent à poindre : prochainement, un exposé des conclusions de la Commission vous sera fait ici.

Pour les fabricants de matériaux, comme pour tous les autres industriels, il est important de savoir un certain temps à l'avance quelle devra être la production, c'est-à-dire quels seront les besoins des entrepreneurs. Nous avons admis tout à l'heure que les entrepreneurs devaient s'industrialiser à des stades différents suivant leurs possibilités; mais qu'ils continuent à construire en traditionnel ou selon des procédés de préfabrication, il faut qu'ils organisent et prévoient, qu'ils sachent assez longtemps à l'avance quel sera leur programme de chantiers. Il leur sera alors assez facile de répercuter ces prévisions sous la forme des matériaux qui leur seront nécessaires. Il y a en somme une réaction en chaîne : les fabricants de matériaux pourront mieux étaler leur production si les entrepreneurs qui leur achètent se sont industrialisés et ceux-ci le seront si les maîtres d'ouvrages leur assurent une continuité de production. Le programme quinquennal sera réalisé si tous travaillent en équipe.

Si les entrepreneurs sont susceptibles d'aider les fabricants de matériaux en leur permettant des prévisions précises à moyen terme, inversement, ceux-ci peuvent participer à la productivité des entreprises. A partir du moment où l'entreprise tend à devenir une industrie, ou du moins cherche à améliorer son rendement, sa tâche peut lui être facilitée si les matériaux lui sont livrés sous une forme particulière. Industrialiser, c'est organiser, c'est prévoir, c'est aller de l'avant : même les fabriques de matériaux qui peuvent sembler les plus industrielles peuvent être amenées à modifier, soit certains des produits qu'elles fabriquent pour les adapter aux conditions nouvelles de construction, soit la forme sous laquelle ces produits sont livrés pour en rendre plus aisée l'utilisation.



Saint-Denis-du-Sig. Cité « Bélisar » en construction (anciens combattants).

IV. LES PROBLÈMES DE FINANCEMENT

J'ai fait à plusieurs reprises, au cours de cet exposé, allusion à l'équipement en matériel nécessaire pour industrialiser. Suivant la répétition des objets auxquels il s'applique, ce matériel devra être plus ou moins perfectionné. Certains engins, telles les grues, sont plus fonction du mode de construction adopté que des chantiers à proprement parler ; dans le cas des grues, c'est le poids maximum des éléments à lever qui les conditionne. Mais, quoi qu'on fasse, il faut payer ce matériel.

Dans l'état actuel des choses, le financement des entreprises est assuré par le paiement des situations mensuelles de travaux et parfois par des avances de démarrage. Dans bien des cas ce système fonctionne mal : les situations mensuelles devraient pouvoir être payées quelques jours après leur envoi, la vérification ne représentant pas un travail tellement long. Malheureusement, que le nombre de signatures requis soit trop important, les temps de transmission trop longs ou les crédits bloqués, ces situations sont parfois payées avec un retard considérable qui peut atteindre plusieurs mois : de telles pratiques gênent considérablement la trésorerie des entreprises et entrave leur développement dans de notables proportions, sans parler des frais bancaires ou de nantissement qui en résultent. Dans le cadre des perspectives quinquennales, il est donc essentiel que les maîtres d'ouvrages assurent la régularité des paiements puisqu'ils sont à la base des possibilités d'industrialisation. Quant aux avances de démarrage, dans les cas où elles sont admises, elles n'ont plus guère l'effet que l'on peut attendre de leur nom. Le nombre de documents à fournir pour les obtenir nécessite déjà d'avoir payé le matériel auquel elles correspondent et d'attendre encore un certain temps qu'elles aient suivi le cheminement administratif normal.

Ne serait-il pas possible, dans le cadre du rajeunissement administratif tant escompté, de repenser ces problèmes ? Le décret du 31 janvier 1958 accorde aux industries qui s'installent en Algérie des facilités particulières qu'il n'est pas question de solliciter pour les entreprises de bâtiment. Mais à partir du moment où celles-ci veulent s'industrialiser, il paraît logique, pour rester dans le même esprit, de rechercher des solutions qui leur facilitent les investissements nécessaires. Quand on commande une automobile, on est tenu de verser à la commande une somme qui avoisine 10 % de la valeur du véhicule. N'y aurait-il pas une formule analogue à trouver pour les commandes de logements, dans un cas où justement l'acheteur a des moyens financiers supérieurs à ceux du vendeur ? Dans le même ordre d'idées, les entreprises désirant s'industrialiser, ceci est vrai en particulier pour celles qui désireraient créer une usine de préfabrication, devraient pouvoir obtenir directement des marchés leur permettant d'escompter une partie de l'amortissement.

Les autres industries obtiennent, par le décret du 31 janvier, des facilités leur permettant leur installation, mais aucune assurance pour le débouché ultérieur de leurs produits. Dans le cas des entreprises de bâtiment, la solution serait un peu inversée : on leur assurerait des débouchés pour une partie de leurs produits, donc une possibilité d'amortissement.

Ces questions de financement des entreprises de bâtiment méritent une étude complète qui fera, je crois, l'objet d'un exposé ultérieur dans le cadre de cette enquête sur l'habitat en Algérie. Je n'ai voulu ici qu'en souligner le problème : il appartient aux financiers d'en rechercher les solutions.

V. CONCLUSION

Vous avez pu voir au cours de ce bref exposé que nombreux sont les obstacles qu'il faudra franchir pour réaliser le plan quinquennal. La première des choses est d'avoir foi en ses possibilités de réalisation financière : si grand que soit l'effort financier, de l'ordre de 400 milliards en cinq ans, il ne représente qu'à peine 1,5 % du produit national brut de la France.

Le problème de main d'œuvre est un problème de qualification ; il faut utiliser une proportion plus faible d'ouvriers qualifiés et, pour cela, industrialiser. Nous avons vu que cette industrialisation ne pouvait se faire que par un travail en équipe du maître d'ouvrage, de l'architecte et de l'entrepreneur, de façon à utiliser au mieux les possibilités de chacun. A l'aube de cette période quinquennale, que chacun pèse bien les conséquences de la voie qu'il a choisie : il est vital qu'elle mène au succès.

DISCUSSION

M. MAYER. — Je suis certain d'être votre interprète à tous en félicitant M. Besson pour l'exposé lumineux qu'il vient de faire. Il a soulevé un certain nombre de problèmes dont certains sont d'une importance capitale, tel celui de la continuité du financement. C'est peut-être même là le seul véritable problème car un équipement ne peut être réalisé d'une manière rationnelle que dans le cadre d'un financement assuré pour plusieurs années. Autrement dit, il me paraît très difficile de résoudre les problèmes qui viennent d'être évoqués si l'on s'en tient au régime de l'annualité budgétaire.

M. Besson a également soulevé la question de la normalisation des éléments dans la construction. C'est là un problème controversé et délicat sur lequel s'est d'ailleurs penché le groupe de travail du C. A. E. E. S.

Enfin, le conférencier a souligné un autre point très important : la régularité des paiements.

Ces différents sujets pourraient, à mon avis, faire l'objet d'un débat. Je demande donc à ceux d'entre vous qui auraient des questions à poser de bien vouloir le faire.

M. LATHUILLIÈRE. — En ce qui concerne la normalisation des éléments, nous nous sommes déjà expliqués et je crois pouvoir dire que, sur le principe, nous sommes d'accord avec M. Besson. Différentes normes doivent être fixées et c'est là une question que je pense évoquer au cours de ma prochaine conférence, mais il est bien certain qu'avec de la bonne volonté et lorsqu'on n'adopte pas une position trop rigide on peut résoudre tous les problèmes, celui-ci comme les autres. En tout état de cause, je le répète, je pense que sur le plan technique il n'y a aucune opposition.

Par contre, M. Besson a évoqué une autre question qui me semble beaucoup plus grave. Elle ne nous touche pas directement mais nous sommes suffisamment près de nos maîtres d'ouvrages pour savoir qu'elle présente des difficultés, je veux parler de la continuité dans les commandes. C'est là un problème délicat et, en ce qui me concerne, je me demande si les maîtres d'ouvrages sont à même de pouvoir donner une assurance quelconque de ce côté-là.

M. MAYER. — Les maîtres d'ouvrages peuvent se retourner vers l'État car il s'agit, en tout état de cause, d'un financement public. Il est certain que la circulaire en forme de décision du 5 février dernier a déjà permis de réaliser un important progrès dans ce domaine; c'est actuellement le maximum que nous ayons pu faire car l'État est encore enfermé dans le cadre de l'annualité budgétaire. Seuls quelques rares secteurs industrialisés peuvent à l'heure actuelle s'engager dans un financement pluriannuel, mais il s'agit là d'un problème essentiel que nous souhaiterions vivement entendre évoquer lors de la prochaine conférence qui doit être faite par un financier.

Peut-être ceux d'entre vous qui participent aux travaux des Commissions du Plan pourraient-ils soulever cette question à l'occasion de l'étude des problèmes d'équipement. La Direction du Plan pourrait-elle nous donner une idée sur l'intervention de la Caisse d'Équipement dans ce domaine? Cette Caisse pourra-t-elle permettre de prendre des engagements pluriannuels?

M. ORDONNAUD. — Je ne puis pas apporter de renseignements précis quant à la décision qui sera prise. En ce qui concerne l'équipement administratif (non pas les logements, mais l'équipement administratif) on a demandé que chaque service fournisse un état de ses prévisions échelonné sur cinq années. Nous pensons pouvoir prendre assez rapidement une décision afin de résoudre tous ces importants problèmes.

M. MAYER. — Mais je pense que cette étude conservera un caractère technique, c'est-à-dire qu'elle aura pour objet de définir les réalisations pour les années à venir, sans aboutir à une décision de financement permettant cet acte essentiel évoqué tout à l'heure par M. Besson : la signature du marché. Or, ceci ne peut se faire que lorsque l'entrepreneur est en possession d'une décision de financement.

M. ORDONNAUD. — Une modification importante est déjà intervenue au budget 1959 : il n'y a plus de crédit d'engagement. En effet, on a considéré que les crédits d'engagement qui n'étaient pas suivis chaque année constituaient un écueil et on a préféré donner des autorisations de programmes découpées en crédits de paiement. Ceux-ci correspondent exactement au total des crédits d'engagement pour les autorisations de programmes.

À l'heure actuelle, lorsqu'on autorise un programme on a automatiquement les crédits de programmes pour les différentes années, ainsi donc si l'on arrive à établir des programmes échelonnés sur cinq ans, on accordera également les crédits sur cinq ans.

M. MAYER. — Il faudrait que l'on s'oriente dans cette voie de la pluralité des engagements.

Quel est le point de vue des maîtres d'ouvrages? Monsieur l'Intendant Picquart, que pensez-vous de la régularité des paiements en particulier?

M. L'INTENDANT PICQUART. — Nous espérons que nous y arriverons.

M. MAYER. — Vous pensez que c'est fonction du financement de l'État. Il n'y aura pas de difficultés d'ordre interne?

M. L'INTENDANT PICQUART. — Nous sommes liés au financement de l'État et nous ne serons pas autorisés à d'autres sources de financement.

M. MAYER. — Messieurs, il ne me reste qu'à vous remercier.

(Reproduction interdite.)

CLASSIFICATION des PIERRES de TAILLE D'APRÈS la MESURE de la VITESSE de PROPAGATION du SON

Une précédente note, intitulée « Recherches sur les pierres de taille » annonçait qu'une méthode non-destructive de classement était mise au point par le Centre Expérimental du Bâtiment et des Travaux Publics — 12, rue Brancion, PARIS 15^e — et que cette étude ouvrait la voie à un classement rationnel des matériaux calcaires.

C'est maintenant chose faite. Après plusieurs années de travaux qui ont nécessité un grand nombre de mesures, une nouvelle méthode est née, méthode qui présente de nombreux avantages comme nous le verrons ci-après.

La grande diversité des pierres de taille a posé de très bonne heure un problème de classification, qui fut résolu de façon empirique. Devant l'imprécision des méthodes traditionnelles, la nouvelle formule adoptée a la rigueur d'une étude scientifique. Elle est basée en effet sur les trois critères suivants :

- densité apparente,
- dureté superficielle,
- vitesse de propagation du son.

1° Densité apparente.

Elle correspond au poids du matériau par unité de volume. On pèse un échantillon de pierre desséchée de volume donné. Le rapport poids sur volume apparent donne la densité apparente. Cette mesure met en évidence la compacité du matériau.

2° Dureté.

La dureté est caractérisée par la largeur de la rayure obtenue avec le scléromètre de Martens (chariot à deux roues qui raye avec une pointe d'acier dur la surface sur laquelle il se déplace). Plus la pierre est compacte, plus la largeur de la rayure est faible.

La dureté superficielle révèle la structure de la pierre.

3° Vitesse de propagation du son.

Cette méthode est fonction de la résistance d'un matériau : plus la vitesse est élevée, plus la résistance est grande. Elle reflète en outre avec une extrême précision sur le parcours de l'onde les qualités globales et élastiques de la pierre examinée. Chacune des variations de vitesse permet d'autre part de déceler et de localiser les défauts du matériau (hétérogénéité, fissures, etc.).

Pour avoir une connaissance complète de la pierre, on se sert de ces trois critères. Bien souvent, pour l'identifier tant en carrière qu'en œuvre, ce troisième critère est suffisant.

Description de l'appareillage — Camionnette C.E.B.T.P.

L'appareil se compose d'un émetteur d'ultrasons composé d'un quartz piézoélectrique et d'un récepteur identique. Le temps séparant le signal d'émission du signal de réception est déterminé de façon précise à l'aide de circuits électroniques utilisés dans les radars. La forme du train d'onde est projetée sur un tube cathodique. Son amplitude et son amortissement renseignent également sur la qualité du matériau.

Cet appareillage est, depuis des années, en service au laboratoire dans des camionnettes spécialement aménagées en vue de ce contrôle non-destructif sur chantier. Trois types d'appareils sont couramment utilisés permettant des mesures de vitesse de l'échantillon de quelques centimètres en laboratoire à plusieurs dizaines de mètres en carrière.

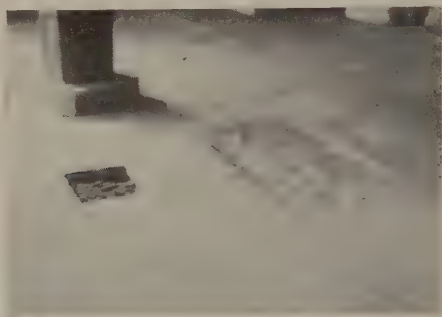
Avantages de cette mesure.

Elle présente l'avantage d'être :

- rapide : le résultat de la mesure est lu directement sur le cadran de l'appareil ;
- non-destructive : la mesure est faite directement sur la pierre si celle-ci a une face accessible. Il n'est pas nécessaire de tailler des échantillons comme dans le cas de mesures classiques.

EXEMPLE TYPE DE MESURE.

Dernièrement, le C.E.B.T.P. a été appelé à rechercher les causes de la dégradation suivante. Un musée, situé dans un hôtel du XV^e siècle, dont le dallage avait été refait récemment, présentait des altérations profondes comme en témoignent les photographies ci-après. Il s'agissait de déterminer la qualité de la pierre utilisée en dallage, la nature de cette attaque et les moyens pour y remédier.



Les mesures de vitesse du son ont fait ressortir tout d'abord deux qualités assez différentes du matériau : une vitesse de 3 680 m/s dans les dalles saines et de 2 840 m/s dans celles attaquées. D'autre part, certaines dalles n'étant qu'à demi-attaquées, la vitesse de 2 840 m/s fut trouvée égale pour toute la dalle.

En ce qui concerne les dalles attaquées, la vitesse de propagation moindre témoignait d'une qualité inférieure. Toutefois, après plusieurs mesures, on s'aperçut que ces pierres même étaient homogènes. Il n'y avait donc aucune raison pour qu'elles subissent des dégradations. Après examen, il s'est avéré qu'elles avaient subi une attaque chimique généralisée.

En conclusion, le carrier avait livré deux qualités de pierres assez différentes l'une de l'autre bien que d'aspect rigoureusement semblable.

Connaissant ces données, il fut aisé de déterminer les moyens d'arrêter la progression de l'attaque.

*
* *

QUELQUES APPLICATIONS.

- Pour retrouver une pierre identique à celle déjà en place sur un édifice.
- Pour déterminer la qualité d'une pierre avant l'approvisionnement d'un chantier.
- Pour contrôler si, en cours d'approvisionnement, les matériaux fournis sont identiques à ceux qui avaient été proposés à l'agrément (les échantillons agréés n'étant pas détruits, il est toujours possible de comparer leurs qualités).
- Pour vérifier, après exécution d'un ouvrage, si le contrôle préalable n'a pas été possible, l'apparition éventuelle de dommages.
- Pour identifier en tous points, en carrière, les qualités des roches avant extraction et établir les cartes des différents bancs.



Attention

au

GARDE-CORPS

Vous avez déjà eu sans doute l'occasion de remarquer dans les journaux la fréquence des accidents dus, pour la plupart, à la hardiesse de conception des garde-corps. En effet, lorsqu'un enfant tombe d'une fenêtre ou même passe entre les barreaux d'une rampe d'escalier, notre première pensée est d'en rendre les parents responsables. Pourtant, il est aisé de comprendre, après réflexion, qu'il ne pouvait en être autrement.

Certes, le garde-corps de la rampe était d'un style audacieux et donnait à l'immeuble son originalité. Mais ne fallait-il pas plutôt lui préférer la sécurité de ses occupants et de ses visiteurs!

Aucun constructeur ne devrait ignorer les règlements et les normes de construction. Nous nous proposons dans cette note de rappeler les textes officiels intéressant les garde-corps, à savoir le décret du 22 octobre 1955 (J. O. du 25 octobre 1955) mis en vigueur par le décret du 14 novembre 1958 (J. O. du 18 novembre 1958) et la norme NF P 01-012 publiée par l'AFNOR (Association Française de Normalisation) ⁽¹⁾.

Nous permettez-vous ici d'ouvrir une parenthèse afin de préciser la valeur juridique qu'il convient de prêter aux normes? Les textes

relatifs à la réglementation de la construction sont nombreux et leur nature juridique très variée. Tandis que les décrets et les arrêtés ont force de loi et sont obligatoires pour tous, les normes, elles, ne représentent que l'expression de l'opinion officielle sur la technique à employer. Ces dernières n'ont donc pas en elles-mêmes un caractère obligatoire. Il faut pour qu'elles l'acquiescent qu'elles soient reprises par un décret ou un arrêté qui en fixe les modalités d'application.

Le décret du 22 octobre 1955, dans son article 15, stipule :

Les fenêtres autres que celles du rez-de-chaussée ou celles ouvrant sur des balcons, terrasses ou galeries et dont les parties basses se trouvent à moins de 0,90 m du plancher doivent être pourvues d'une barre d'appui et d'une grille de protection s'élevant au moins jusqu'à 1,00 m du plancher...

Le décret ainsi que la norme ne s'appliquent pas aux fenêtres donnant sur balcons, terrasses ou galeries, aux fenêtres situées au rez-de-chaussée, aux garde-corps d'échafaudage, aux garde-corps et éléments de sécurité situés notamment sur les toitures, aux passages et emplacements utilisés essentiellement par le personnel, aux balcons de salles de spectacles, aux garde-corps d'ouvrages d'art, en règle générale, aux garde-corps d'édifices pouvant faire l'objet de règles spéciales concernant la hauteur et la constitution des garde-corps.

⁽¹⁾ Association Française de Normalisation (AFNOR), 23, rue N.-D. des Victoires, Paris 2^e.

GARDE-CORPS DE FENÊTRE

La norme P 01-012 complète le décret qui est resté jusqu'à présent très imprécis puisqu'il ne réglemente que la hauteur.

Les garde-corps des balcons, terrasses, galeries, doivent avoir une hauteur d'au moins 1,00 m. Toutefois, cette hauteur peut être abaissée jusqu'à 0,80 m en cas de garde-corps de plus de 0,50 m d'épaisseur.

La norme apporte de nombreuses précisions sur la constitution même du garde-corps, à savoir :

- a) la hauteur en fonction de l'épaisseur;
- b) la structure des garde-corps pleins et lisses et des garde-corps ajourés.

cependant en fonction de l'épaisseur du garde-corps comme il est indiqué dans le tableau ci-dessous.

E_{cm}	20	25	30	35	40	45	50	55	60
H_{cm}	100	97,5	95	92,5	90	85	80	75	70

E représente l'épaisseur exprimée en cm et H la hauteur du garde-corps également en cm.

b) Structure.

La norme rappelle la hauteur de protection réglementaire, seule prescription dimensionnelle

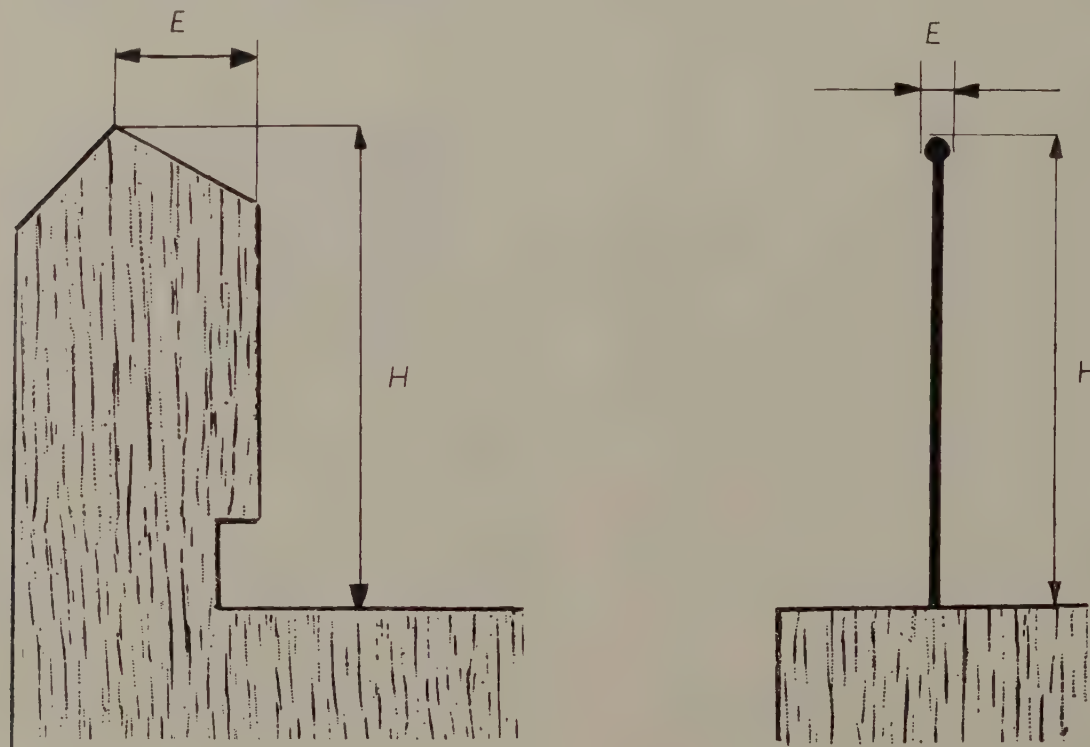


FIG. 1. — Relevé des cotes suivant la forme des garde-corps; d'autres exemples sont donnés dans la norme.

a) Hauteur.

Pour les garde-corps minces ⁽¹⁾ des bâtiments d'habitation, la hauteur minimum H ne peut descendre au-dessous de 0,80 m. Notons tout de suite que cette hauteur minimum peut varier

⁽¹⁾ La norme distingue le garde-corps mince d'une épaisseur $E \leq 20$ cm et le garde-corps épais où $E \geq 20$ cm.

imposée au garde-corps plein; elle apporte en outre plus de précisions en ce qui concerne les détails de la grille de protection des garde-corps ajourés.

Pour des raisons d'esthétique, sans doute, le garde-corps d'une fenêtre comme la rampe d'un escalier est généralement ajouré, mais il ne faut pas pour autant laisser libre cours à la fantaisie

dans la recherche du motif décoratif. Le constructeur ne doit pas oublier les exigences suivantes :

a) la partie inférieure du garde-corps sera au maximum à 0,15 m du socle du balcon;

b) des espaces de 0,11 m maximum sépareront les parties verticales. Cette distance a été déterminée pour qu'un jeune enfant ne puisse pas y introduire la tête;

c) les parties horizontales du garde-corps seront espacées de 0,18 m au maximum;

d) enfin, éviter les éléments offrant un appui au pied sur une hauteur de 0,45 m, soit à partir du sol, soit au-dessus du socle ou de la lisse basse⁽¹⁾, ceci pour éviter une escalade partielle réduisant la hauteur de protection.

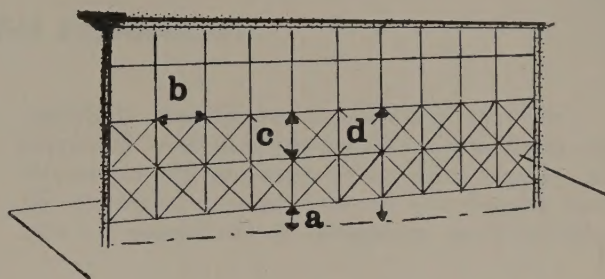


FIG. 2.

RAMPE D'ESCALIER

Nous retrouvons ici les mêmes exigences dimensionnelles. En ce qui concerne la hauteur des rampes sur volée d'escalier, elle sera d'au moins 0,90 m; en palier, la cote minimum précédente de 1,00 m (mesurée verticalement au nez de la marche) est toujours valable.

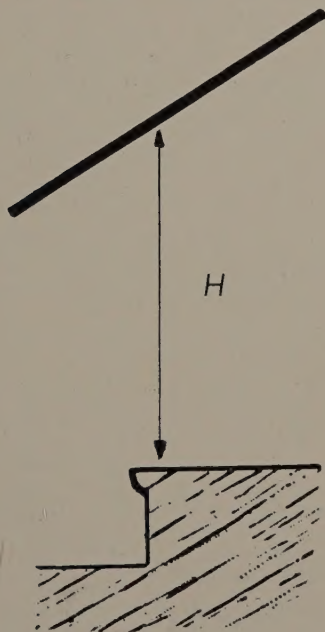


FIG. 3.

Si l'escalier ne comporte pas de limon⁽²⁾, la première lisse doit être au plus à 0,05 m du nez de marche A, la distance étant mesurée perpendiculairement à la pente⁽³⁾.

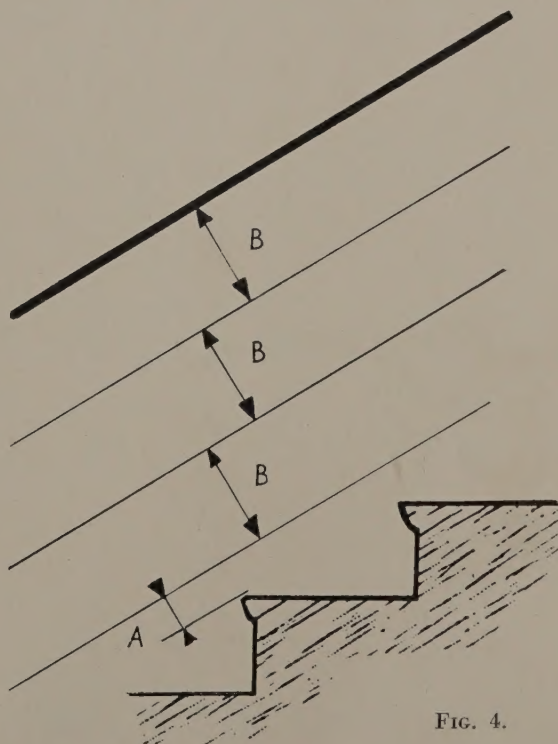


FIG. 4.

Comme dans le cas du garde-corps, la rampe ajourée doit répondre aux exigences suivantes, à savoir :

— espacement entre éléments verticaux 0,11 m;

— espacement entre éléments parallèles à la pente 0,18 m B.

⁽¹⁾ Lisse : élément de garde-corps horizontal ou rampant, de petite section par rapport à sa longueur.

⁽²⁾ Limon : pièce taillée en biais qui supporte les marches d'un escalier.

⁽³⁾ Il est important de noter ici que les présentes prescriptions ne concernent pas les constructions faisant l'objet de règles spéciales, tels que les locaux scolaires, etc...

TOLÉRANCES SUR LES DIMENSIONS

L'ouvrage terminé, il est difficile d'obtenir des mesures rigoureusement exactes et le niveau du sol peut varier; c'est pourquoi des tolérances sont admises sur les dimensions : tolérances de position 1 cm, tolérances de fabrication 0,5 cm.

Il serait souhaitable que les constructeurs prennent davantage en considération les normes qui, tout en n'étant pas obligatoires, n'en sont pas moins importantes, surtout en matière de sécurité. Un grand nombre d'accidents seraient ainsi évités.



VIENT DE PARAÎTRE :

LIBÉRATION ET UTILISATION DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

par Louis JAUNEAU

du Laboratoire de Physique de l'École Polytechnique
Docteur ès Sciences.

De plus en plus les entrepreneurs seront appelés à participer à des travaux importants de génie civil pour l'utilisation de l'énergie nucléaire et notamment à la construction de centrales atomiques.

Beaucoup n'ont pu acquérir une information suffisante sur ces questions. C'est pourquoi l'*Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics* a pensé qu'il serait intéressant de présenter à ses adhérents cet aspect de l'actualité scientifique au cours d'une série de trois conférences prononcées à son Centre d'Études Supérieures en novembre et décembre derniers par M. Louis JAUNEAU du Laboratoire de Physique de l'École Polytechnique. Ces séances qui ont été suivies par un grand nombre d'auditeurs ont été organisées avec la Société des Ingénieurs Civils de France et la Société Technique pour la Production et l'Utilisation de l'Énergie Nucléaire (A.T.E.N.).

Pour répondre aux demandes qui ont été formulées, ces conférences ont été réunies dans la présente brochure qui constitue la base des connaissances permettant d'assimiler les techniques nouvelles et imposent les dispositions particulières adoptées pour la construction des ouvrages de génie civil.

Extraits de la table des matières. — I. Notions de physique nucléaire. — II. L'énergie nucléaire et sa libération. — III. Réactions nucléaires. — IV. Rayonnements atomiques et problèmes de détection et de protection.

Un volume 14 × 22,5, 128 pages, 29 figures. Broché. 450
Franco. 540

En vente à la DOCUMENTATION TECHNIQUE du BATIMENT et des TRAVAUX PUBLICS, 6, rue Paul-Valéry. PARIS (16^e) C.C.P. Paris 8524.

ANNONCES

CENTRE TECHNIQUE DU BOIS

FICHES DE DÉTERMINATION DES
INSECTES XYLOPHAGES

Dans le but de faciliter la détermination des insectes xylophages par les architectes, les entrepreneurs et tous les utilisateurs, le Centre Technique du Bois publie une série de fiches, format 21 × 27 sur les principales espèces d'insectes attaquant le bois.

Chaque fiche comprend une ou plusieurs figures (insecte parfait, larve, dégâts) et un texte divisé en quatre paragraphes : cycle évolutif, description de l'insecte, bois attaqués, aire de répartition.

Le C.T.B. rappelle que ses services techniques peuvent donner tous renseignements utiles sur les traitements préventifs ou curatifs, permettant de lutter efficacement contre les ennemis du bois.

Sont déjà publiées les fiches suivantes :

Capricorne des maisons (*Hyloctrupes bajulus*)
Lyctus brunneus, *Lyctus linearis*, Grosse vrillette (*Xestobium rufo-*
villosum)
Petite vrillette (*Anobium striatum*).

Sont en préparation les fiches concernant l'*Hesperophanes cinereus*, le *Clytus arcuatus* et le *Clytus pilosus*. D'autres fiches seront publiées ultérieurement.

On peut se procurer ces fiches au Centre Technique du Bois, 2, rue de la Michodière à Paris (2^e).

Participation aux frais d'impression : 50 F par fiche.

Envoi franco contre versement de 100 F au compte de chèques postaux du C.T.B. Paris 6670-29 en mentionnant : commande de la fiche (numéro de l'insecte).

LES AGRÈMENTS TECHNIQUES DÉLIVRÉS AUX
APPLICATEURS DE PRODUITS DE
PRÉSERVATION DU BOIS

Le Centre Technique du Bois a créé, en 1958, une Commission d'applicateurs de produits de préservation du bois afin de préciser les techniques à employer et les garanties qui peuvent être données aux utilisateurs.

Cette Commission, qui groupe les firmes effectuant les traitements curatifs ou préventifs des ouvrages en bois, a décidé que le Centre Technique du Bois délivrerait des agréments techniques aux applicateurs qui satisfont à certaines conditions.

Il importe de préciser que le Centre Technique du Bois 2, rue de la Michodière à Paris (2^e) (Tél. RICHelieu 57-94) est le seul organisme officiel actuellement habilité à délivrer des agréments techniques aux applicateurs de produits de préservation du bois.